

EVALUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN APROVECHANDO LOS
RESIDUOS DE MANGO (*Mangifera Indica L.*) PARA LA PRODUCCIÓN DE UN
BIOPOLÍMERO

ANDRÉS FELIPE PÉREZ LÓPEZ

Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO

Director

DIANA MADELEN GALINDRES JIMÉNEZ

Dr. Sc. Química

Codirector

YESID SNEIDER MURILLO ACEVEDO

Dr. Sc. Química

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2021

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, Junio 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Directora Programa Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

DEDICATORIA

Inicialmente le doy gracias a Dios por darme cada día mucha sabiduría y fortaleza en cada etapa de mi carrera. Este proyecto va dedicado a mis padres Alba María López y Cesar Jair Pérez por hacer realidad esta etapa de mi vida, por el apoyo y esfuerzo que hicieron por mí y sobre todo pese a todas las dificultades que se fueron presentando, siempre estuvieron conmigo, a mi tía Gladys Hurtado, por ayudarme durante mi proceso de formación.

Finalmente, le doy gracias a mi amigo José Alejandro Segura, por brindarme su apoyo incondicional, también a todos mis amigos que aportaron un granito de arena para la realización de este proyecto, además de estar conmigo durante mi proceso de formación.

Andrés Felipe Pérez López

AGRADECIMIENTOS

Primeramente le agradezco a Dios por ayudarme a culminar esta etapa de mi vida, agradezco a mis padres por la paciencia y el apoyo para seguir adelante en mi formación profesional.

Quiero agradecerle a mi directora Dra. Diana Madelen Galindres Jiménez y el codirector Dr. Yesid Sneider Murillo Acevedo por la dedicación, paciencia, apoyo y conocimiento que me brindaron durante el desarrollo del presente proyecto de grado.

Por último, agradezco a la Universidad de América por permitirme formarme profesionalmente. Además a todos mis compañeros, amigos y docentes que me brindaron de su conocimiento para llevar a cabo este proyecto de investigación.

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
OBJETIVOS	18
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1 Biopolímeros	19
1.1.1 <i>Características esenciales de los biopolímeros</i>	19
1.1.2 <i>Clasificación de los biopolímeros según su origen</i>	20
1.1.3 <i>Propiedades Físicoquímicas de los biopolímeros</i>	21
1.1.4 <i>Producción mundial en biopolímeros</i>	22
1.2 Polisacáridos.	24
1.2.1 <i>Almidón</i>	24
1.3 Propiedades funcionales del almidón	27
1.3.1 <i>Gelatinización</i>	27
1.3.2 <i>Retrogradación</i>	27
1.3.3 <i>Viscosidad</i>	27
1.3.4 <i>Solubilidad</i>	28
1.4 Formación de películas biodegradables a base de almidón	28
1.4.1 <i>Método seco</i>	28
1.4.2 <i>Método húmedo</i>	28
1.5 Materias primas con alto contenido de almidón	30
1.6 El mango	32
1.6.1 <i>Características botánicas</i>	32
1.6.2 <i>Variedad de mango en Colombia</i>	32
1.6.3 <i>Componentes del mango</i>	38
1.7 Métodos de extracción	44
1.7.1 <i>Métodos físicos</i>	44
1.7.2 <i>Métodos químicos</i>	45
1.8 Aplicaciones de biopolímeros basados en residuos de mango	47

2.	CONDICIONES DE SEPARACIÓN DE ALMIDÓN EN LOS RESIDUOS DE MANGO	48
2.1	Condiciones de separación de almidón en los residuos de mango	48
	2.1.1 <i>Selección método de extracción</i>	48
	2.1.2 <i>Selección de solvente</i>	50
	2.1.3 <i>Metodología</i>	52
	2.1.4 <i>Etapas 1</i>	54
	2.1.5 <i>Etapas 2</i>	58
	2.1.6 <i>Etapas 3</i>	71
3.	PRODUCCIÓN DEL BIOPOLÍMERO UTILIZANDO EL ALMIDÓN EXTRAÍDO DE LOS RESIDUOS DE MANGO	80
3.1	Formación de la película	80
	3.1.1 <i>Relación de amilosa-amilopectina</i>	80
	3.1.2 <i>Gelatinización</i>	81
	3.1.3 <i>Secado</i>	82
3.2	Propiedades físicas de la película	84
	3.2.1 <i>Propiedades de transferencia</i>	84
	3.2.2 <i>Propiedades mecánicas</i>	85
3.3	Degradabilidad	86
	3.3.1 <i>Degradación térmica</i>	86
	3.3.2 <i>Degradación oxidativa</i>	87
	3.3.3 <i>Degradación hidrolítica</i>	87
	3.3.4 <i>Fotodegradación</i>	87
	3.3.5 <i>Biodegradación</i>	88
3.4	Aplicaciones de polímeros biodegradables en base de almidón	88
	3.4.1 <i>Almidón empleado en la fabricación de envases</i>	88
	3.4.2 <i>Almidón empleado en la industria alimentaria</i>	90
4.	DISEÑO DEL PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DEL BIOPOLÍMERO A ESCALA PLANTA PILOTO	91
4.1	Descripción del proceso	91
4.2	Selección de equipos	96

4.2.1	<i>Cámara de refrigeración para almacenamiento de la materia prima</i>	96
4.2.2	<i>Cuba de turbulencia laminada</i>	97
4.2.3	<i>Picadora de pasto industrial</i>	98
4.2.4	<i>Separador neumático</i>	98
4.2.5	<i>Mezclador bicónico</i>	99
4.2.6	<i>Horno secador</i>	101
4.2.7	<i>Molino de martillo</i>	102
4.2.8	<i>Equipo de microondas</i>	102
4.2.9	<i>Filtro prensa</i>	104
4.2.10	<i>Licuada industrial</i>	104
4.2.11	<i>Tanque de agitación mecánica</i>	106
4.3	Dimensionamiento de los equipos	107
4.4	Balance de masa y consumo de energía	108
4.4.1	<i>Balance de masa de la cámara de refrigerado, lavado y secado</i>	108
4.4.2	<i>Balance de masa de trituración, separador y mezclado</i>	109
4.4.3	<i>Balance de masa secado, molienda y microondas</i>	110
4.4.4	<i>Balance de masa licuado, filtrado y secado</i>	111
4.4.5	<i>Balance de masa molienda, tanque de agitación y secado</i>	112
4.4.6	<i>Resumen balance de masa</i>	113
4.4.7	<i>Consumo de energía por equipo</i>	114
4.5	Costos de la planta	115
4.5.1	<i>Costo de los equipos y área de la planta</i>	115
4.5.2	<i>Costo de operación</i>	116
4.5.3	<i>Costo total</i>	118
5.	CONCLUSIONES	120
	BIBLIOGRAFÍA	122
	ANEXOS	134

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Clasificación de polímeros biodegradables	21
Figura 2. Distribución porcentual para la producción mundial de polímeros en fase biológica	23
Figura 3. Estructura molecular de la amilosa	25
Figura 4. Estructura molecular de la amilopectina	26
Figura 5. Porcentaje de utilización de posibles materias primas	31
Figura 6. Árbol de mango	33
Figura 7. Mango Haden	34
Figura 8. Mango Keitt	35
Figura 9. Mango Yulima	36
Figura 10. Mango Criollo	37
Figura 11. Mango Tommy	38
Figura 12. Fruto de mango	39
Figura 13. Mango contaminado por antracnosis	41
Figura 14. Componentes de la semilla	42
Figura 15. Metodología a seguir para el proceso de extracción	54
Figura 16. Mango contaminado por plaga	55
Figura 17. Obtención del cotiledón de mango	56
Figura 18. Molino tradicional para grano	57
Figura 19. Almacenado de la materia prima	58
Figura 20. Metodología planteada en la etapa 2	59

Figura 21. Crisol con la respectiva semilla de cada especie	60
Figura 22. Semillas incineradas, para la determinación de las cenizas	64
Figura 23. Montaje de reflujo para la extracción de almidón	67
Figura 24. Filtración de la pasta obtenida	69
Figura 25. Secado de la pasta	70
Figura 26. Pulverización de las muestras	71
Figura 27. Coloración de las muestras	72
Figura 28. Curva de transmitancia de cada muestra	77
Figura 29. Películas obtenidas del proceso de gelatinizado	83
Figura 30. Transferencia de masa de un gas a través de un material biopolimérico	85
Figura 31. Bolsas biodegradables	89
Figura 32. Diagrama de bloques para la producción de un biopolímero, a partir de la extracción de almidón de la semilla de mango	94
Figura 33. Cuarto de refrigeración	96
Figura 34. Cuba de turbulencia laminada	97
Figura 35. Picadora de pasto industrial	98
Figura 36. Separador neumático	99
Figura 37. Mezclador bicónico	100
Figura 38. Horno secador	101
Figura 39. Molino de martillo	102
Figura 40. Equipo de microondas	103
Figura 41. Filtro prensa VR	104
Figura 42. Licuadora industrial	105

Figura 43. Balance de masa de cámara de refrigerado, lavado y secado	109
Figura 44. Balance de masa trituración, separador y mezclado	110
Figura 45. Balance de masa secado, molienda y microondas	111
Figura 46. Balance de masa licuado, filtrado y secado	112
Figura 47. Balance de masa molienda, tanque de agitación mecánica y secado	113

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Métodos de modificación química del almidón	30
Tabla 2. Clasificación taxonómica del mango	32
Tabla 3. Composición química en promedio del mango	39
Tabla 4. Composición química promedio de la semilla de mango	43
Tabla 5. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción	48
Tabla 6. Matriz de comparación de los solventes para el proceso experimental	50
Tabla 7. Resultados obtenidos pos-secado en las semillas	62
Tabla 8. Datos obtenidos para determinar el contenido de materia seca	63
Tabla 9. Datos obtenidos para determinar las cenizas	65
Tabla 10. Peso y conformación residual de las muestras	66
Tabla 11. Pesaje de las muestras pulverizadas	73
Tabla 12. Absorbancia en las muestras pulverizadas	76
Tabla 13. Normalización de la absorbancia en cada una de las muestras	79
Tabla 14. Composición de las muestras para el proceso de gelatinizado	81
Tabla 15. Descripción de las corrientes de entrada y salida	95
Tabla 16. Dimensión de los equipos	107
Tabla 17. Consumo energético por equipo	114
Tabla 18. Costo de los equipos	115
Tabla 19. Costo asociado a la recolección, separación y transporte	116
Tabla 20. Salario básico, seguridad social y prestaciones para cada operario	117
Tabla 21. Costos de materia prima	117

Tabla 22. Costos de servicios públicos 118

Tabla 23. Costo total de la planta piloto 118

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo la producción de un biopolímero a partir de la extracción de almidón en los residuos del mango (*Mangifera Indica L.*). De esta manera se realizó una recopilación bibliográfica, donde se estudian las características y propiedades que tienen los biopolímeros, el almidón y el mango como materia prima. Además, se presenta información fundamental relacionada con la formación de un biopolímero a partir de almidón de mango. Una vez recopilada toda la información, se identifica la metodología, parámetros y variables más importantes para el proceso de extracción de almidón.

Para conocer qué proceso es el adecuado se analizaron los diferentes métodos de extracción, para determinar que el método más adecuado para el proceso es mediante un montaje directo con reflujo usando bisulfito de sodio como solvente. Las pruebas obtenidas alcanzaron un máximo rendimiento de 51.1% de almidón extraído. Con base al almidón extraído se gelatinizó el almidón con glicerina pura, para la formación de una película, cuyas propiedades para su identificación fue la presencia de viscosidad alta y plasticidad de las muestras.

Finalmente, se desarrolló una propuesta con datos teóricos que describen las etapas del proceso, equipos implementados con sus respectivas especificaciones, el balance de masa y consumo de energía. Basado en este diseño se realizó un análisis de costos teniendo en cuenta costos de capital y operación, cuyo valor total fue de \$266.600.159 COP.

Palabras clave:

Biopolímero, extracción, almidón, residuos, plastificante.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las biorrefinerías se centran en productos de interés como etanol, pentosa y lignina en caudales secundarios o de desecho, para producir biogás, biomasa y energía. El proceso biológico consta en modificar genéticamente una cepa de *Saccharomyces cerevisiae* para producir cerveza a partir de residuos orgánicos ricos en pentosas, las pentosas pasan por un proceso biológico para ser transformados en compuestos diácidos, para luego formar un biopolímero. Los más destacados en la industria son el poliuretano termoplástico biológico (bio-TPU) y copolímeros de ácido poliláctico (PLA), los cuales pueden implementarse para realizar embalajes plásticos. Además, la implementación de esta biotecnología permite crear patentes y fundar industrias ambientalmente sostenibles [1].

Colombia es uno de los países con mayor producción de mango, actualmente cuenta con una temporada de cosecha larga de 7 meses comenzando desde el mes de abril y terminando en el mes de octubre [2].

El principal departamento con área sembrada de mango es Cundinamarca seguido por Tolima y Magdalena, representando un 68% del total de área sembrada del país [3]. En el año 2019 de acuerdo a los datos estimados por el DANE, se obtuvo una producción de 132.315 toneladas de mango (*Mangifera Indica L.*) a nivel nacional [4].

Es así, que este fruto tiene un valor industrial debido a que la pulpa de la fruta es destinada para la elaboración de zumos, jugos, ingredientes y condimentos alimenticios. El despulpado de la fruta ha generado una gran cantidad de residuos orgánicos los cuales equivalen al 40% total de la fruta [5].

En este sentido la actividad productiva de mango cada año tenderá a aumentar de manera continua generando un alto porcentaje de residuos lo cual se traduce en una problemática ambiental, ya que los residuos son acumulados y desechados en los rellenos sanitarios sin tener a aprovecharse. Entre los residuos podemos encontrar cáscaras, semillas y mangos en pésimas condiciones.

Por las razones anteriormente expuestas, surge como tema de investigación la obtención de almidón a partir de residuos orgánicos de mango mediante un proceso de extracción, para luego ser transformado en un material biopolimérico.

En el primer capítulo se presentan algunas generalidades, propiedades y características principales relacionadas con biopolímeros, almidón y el mango. Finalmente el tema abordará la producción de biopolímeros obtenidos a partir de residuos de mango.

En el segundo capítulo se procede a seleccionar las condiciones más adecuadas previamente a la extracción, en donde se realiza un pre-tratamiento a los residuos. Además se selecciona respectivamente el método y el solvente más afín para el proceso de separación, temperatura de operación y tiempo de exposición. Finalmente se procede a calcular los rendimientos, contenido de amilosa y amilopectina al finalizar el proceso de extracción.

En el tercer capítulo se describe cada procedimiento experimental obteniendo como producto final almidón libre de impurezas y completamente seco. Para la elaboración de la película, se escoge el solvente más afín con el almidón para el proceso de gelatinización. La finalización del capítulo comprenderá de manera teórica las propiedades físicas, degradabilidad y posibles aplicaciones de biopolímeros a base de almidón.

En el último capítulo se establece una propuesta de la producción de un biopolímero a un escalamiento de planta piloto, seleccionando los equipos más apropiados para el proceso. Luego se establece el balance de masa con sus respectivos consumos energéticos. La culminación del proyecto comprenderá los costos de operación para la planta.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la obtención de almidón aprovechando los residuos orgánicos de mango para la producción de un biopolímero a escala laboratorio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características principales relacionadas con biopolímeros en los residuos de mango.
- Seleccionar las condiciones de separación de almidón en los residuos de mango.
- Producir el biopolímero utilizando el almidón extraído de los residuos de mango
- Diseñar el proceso para la producción del biopolímero a escala planta piloto.

1. MARCO TEÓRICO

Los biopolímeros son estructuras moleculares basadas en procesos biotecnológicos, los cuales son implementados como alternativa capaz de sustituir los polímeros de origen convencional. En este primer capítulo del proyecto se expondrán aquellas características y propiedades presentadas en los biopolímeros a base de almidón.

Además se mostrará información general relacionada con el mango (*Mangifera Indica L.*) como materia prima fundamental para el desarrollo del proyecto. La finalización del capítulo comprenderá exclusivamente los métodos extractivos y la aplicación de residuos de mango para la producción de un bioplástico.

1.1 Biopolímeros

Los biopolímeros “películas biodegradables” son macromoléculas provenientes de recursos naturales y biológicos desarrollados a partir de procesos sintéticos. Un estudio realizado ha determinado que la mayoría de los biopolímeros están conformados principalmente por material orgánico [6].

El material orgánico es empleado como sustrato biológico para ser degradado y metabolizado por organismos celulares (bacterias, hongos y algas), para producir un gran número de nutrientes y fuentes de energía. El gran aporte que realmente genera la implementación de este material es principalmente el cuidado, la conservación y protección del medio ambiente.

1.1.1 Características esenciales de los biopolímeros

Los biopolímeros están exclusivamente constituidos por unidades estructurales simples, cuya conformación química es degradada mediante procesos biológicos a condiciones naturales específicas.

Su degradación libera al entorno micronutrientes y macronutrientes que serán absorbidos generalmente por los suelos. Estos nutrientes proporcionan mayor captación de agua, fertilidad y mejores condiciones para el crecimiento de plantas y cultivos [7].

La producción de estos materiales depende exclusivamente de los recursos disponibles en la naturaleza, cuyo objetivo es su aprovechamiento para formar nuevos productos. Esta alternativa es muy viable a futuro ya que la implementación de biopolímeros permite contrarrestar y sustituir polímeros tradicionales derivados de hidrocarburos.

En contraparte se pudo encontrar desventajas presentes en el material, debido a que sus propiedades mecánicas son extremadamente bajas comparadas con las de polímeros convencionales, ocasionando que su aplicabilidad en la industria sea mucho más compleja [8].

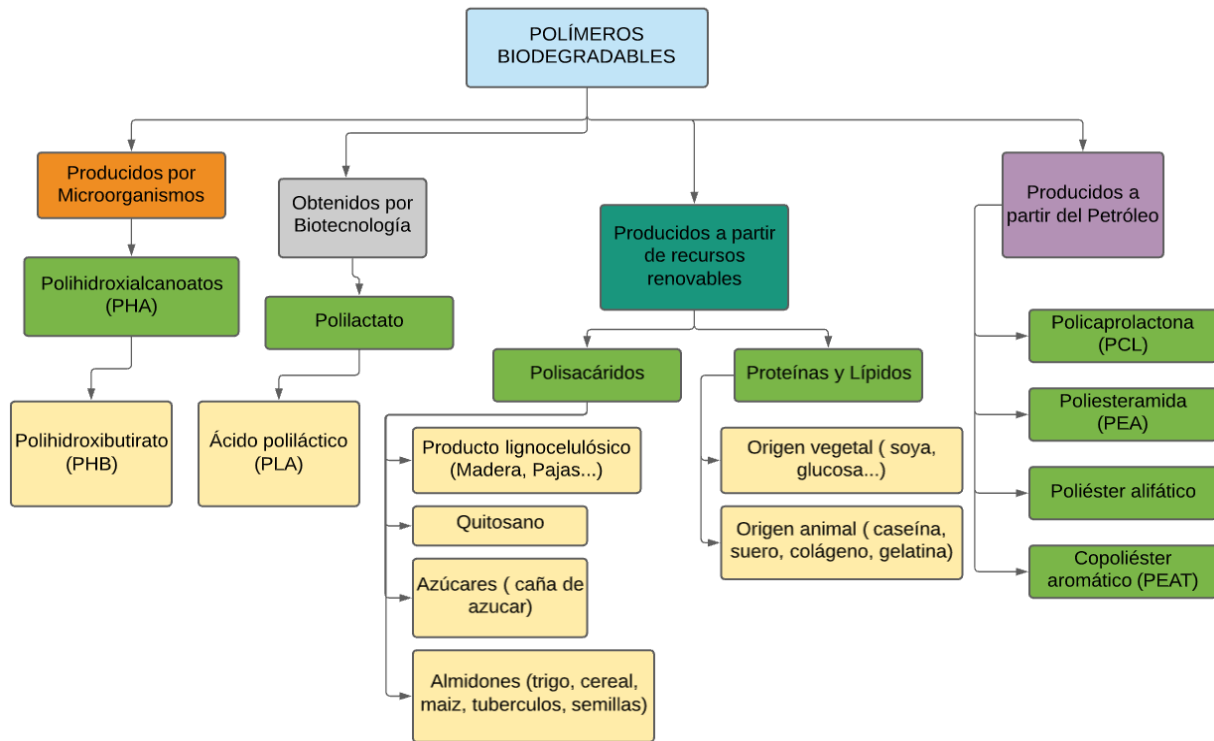
1.1.2 Clasificación de los biopolímeros

Los biopolímeros obtenidos de recursos naturales se pueden catalogar en cuatro grandes grupos como se muestra en la Figura 1:

- Biopolímeros producidos directamente mediante fermentación microbiana. Ejemplo: PHA.
- Biopolímeros sintetizados por biotecnología a partir de biomasa. Ejemplo: PLA.
- Biopolímeros obtenidos directamente de recursos renovables. Ejemplo: Celulosa
- Biopolímeros sintetizados químicamente a partir del petróleo. Ejemplo: PCL [9].

Figura 1.

Clasificación de polímeros biodegradables



Nota. Clasificación de polímeros biodegradables según su fuente de origen, con sus respectivos productos. Tomado de: M.P. Arrieta, “*Films de PLA y PLA-PHB plastificados para su aplicación en envases de alimentos. Caracterización y análisis de los procesos de degradación*”, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2014, [En Línea]. Disponible:<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39338/Arrieta%20-%20Films%20de%20PLA%20y%20PLAPHB%20plastificados%20para%20su%20aplicaci%3%b3n%20en%20envases%20de%20alimentos.%20Caract....pdf?sequence=1&Allowed=y> [Acceso: feb.25,2021]

1.1.3 Propiedades fisicoquímicas de los biopolímeros

Las propiedades fisicoquímicas dependen directamente de las características funcionales y estructurales de la materia prima que se esté manipulando. A su vez las propiedades recaen específicamente en la experimentación y tratamiento que se lleva a cabo durante la transformación.

Las propiedades requeridas varían según la utilidad que se le quiera dar al biopolímero; algunas de las películas presentan mejores propiedades térmicas y ópticas que otras. Cada propiedad tenderá a aumentar o disminuir dependiendo de las

condiciones de operación, equipos implementados, metodología, uso de solventes y técnicas de obtención [10].

1.1.3. a. Propiedades físicas. Estas propiedades pueden ser descritas y percibidas mediante propiedades organolépticas:

- Olor: Frutal, mentolado, cítrico, químico o dulce.
- Sabor: Salado o amargo.
- Color: Blanco o gris.
- Textura: Gelatinosa.
- Densidad: Relación de la masa final obtenida del biopolímero presente en agua.

1.1.3. b. Propiedades químicas. Estas propiedades requieren de procesos experimentales que establecen los diferentes cambios composicionales en el transcurso del procedimiento. Las propiedades más estudiadas en los biopolímeros son la cristalinidad, gelatinización, material orgánico, hinchamiento granular y solubilidad en agua.

1.1.4 Producción mundial en biopolímeros

El mercado de biopolímeros y/o polímeros degradables va cada día en crecimiento como alternativa más comprometida con el medio ambiente, ya que se espera que este material sea implementado como sustituyente de plásticos y polímeros convencionales a futuras generaciones. Actualmente, la demanda en productos ambientalmente sostenibles se ha incrementado un 50% para producir bioplásticos en el mundo, este incremento asegura que los biopolímeros tendrán una alta demanda a futuro [11].

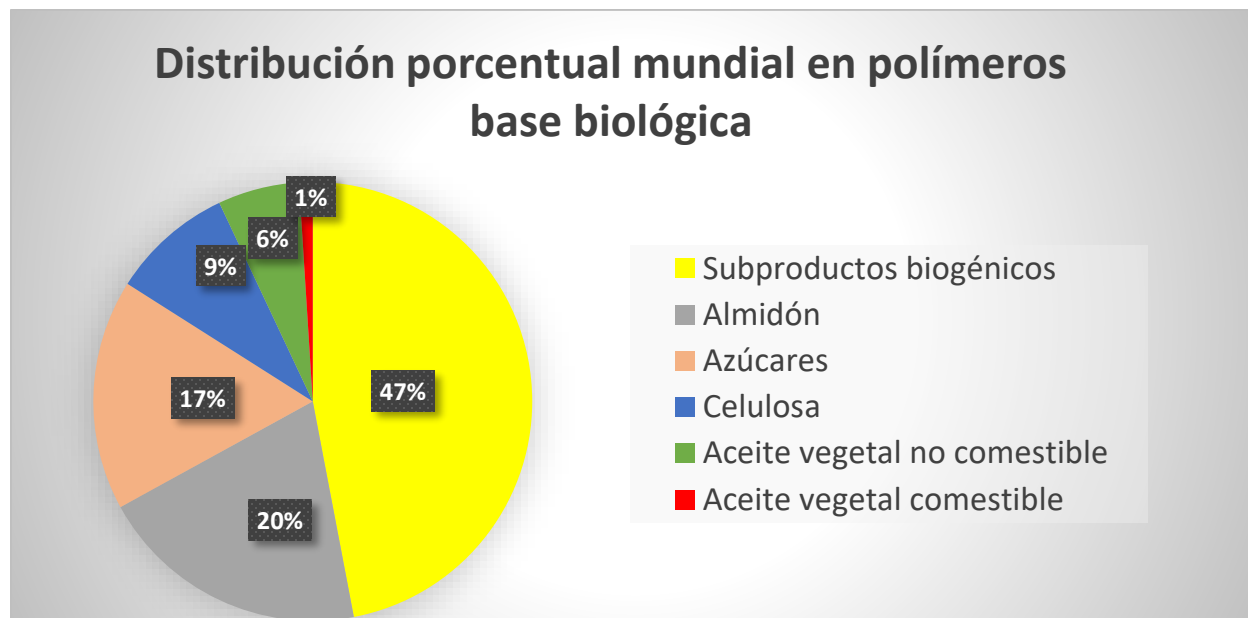
En el caso puntual de Colombia, el país cuenta con gran biodiversidad natural, recursos agroindustriales disponibles y conocimientos requeridos para su desarrollo, sin embargo Colombia no cuenta con la tecnología, capacidad de almacenamiento y acondicionamiento para los residuos generados, lo cual ha dificultado su desarrollo a gran escala.

Como el reto está en la productividad a gran escala, la gestión de proyectos financiados por Colciencias tiene como objetivo a futuro el lanzamiento de industrias ambientalmente sostenibles, cuya finalidad es maximizar la producción de un material biodegradable que cumpla con las necesidades básicas de los consumidores [12].

Las materias primas que más se usan en el mundo son a partir de biomasa; como se evidencia en la Figura 2, el 47% equivale a subproductos biogénicos para la formación y obtención de resinas epoxídicas (polímeros termoestables). El 37% de la biomasa está constituida por almidón y azúcares como fuente principal para la formación de películas biodegradables y el 16% de la biomasa restante está conformada por celulosa y aceites vegetales, que comúnmente son muy pocos usados en la industria de los biopolímeros [13].

Figura 2.

Distribución porcentual de la producción mundial de polímeros en base biológica



Nota. Distribución porcentual de varias materias primas para la producción de biopolímeros a nivel mundial. Tomado de: Redacción Interempresas, España, 2015, “El mercado mundial de biopolímeros 2019: turbulento y en crecimiento”, [En Línea]. Disponible: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/300522-mercado-mundial-polimeros-biologicos-2019-vision-mercado-turbulento-crecimiento.html> [Acceso: mar.3, 2021]

El almidón es uno de los polisacáridos más usados para la producción de biopolímeros debido a su alta disponibilidad en la naturaleza. La implementación de este recurso proporciona modificaciones y cambios en cada etapa del proceso, para obtener una película con altas propiedades mecánicas. Es importante resaltar que para el proceso de obtención de una película a base de almidón, se necesita de equipos mucho más sofisticados y especializados para el proceso productivo, además el incremento operativo y energético es mucho más elevado a un escalamiento industrial [14].

1.2 Polisacáridos

Son biomoléculas conformadas por la unión de varios monosacáridos. La mayoría de azúcares o monosacáridos presentes en la naturaleza son polisacáridos, cuyos pesos moleculares son elevados. Estas moléculas son únicas ya que al ser sometidas a un proceso de hidrólisis dan lugar a un gran número de monosacáridos o derivados de los mismos. Los más abundantes en la naturaleza como fuente de reserva energética son el glucógeno y el almidón [15].

1.2.1 Almidón

El almidón es considerado el segundo carbohidrato (azúcar) más abundante en la naturaleza. Es un homopolímero formado por monómeros idénticos, cuya composición química es glucosa. Su formación se da a partir de procesos fotosintéticos en las plantas, cuya estructura finaliza con el tamaño y características específicas a la cual se ha desarrollado el polímero. Las materias primas con mayor contenido de almidón son los cereales, tubérculos y semillas.

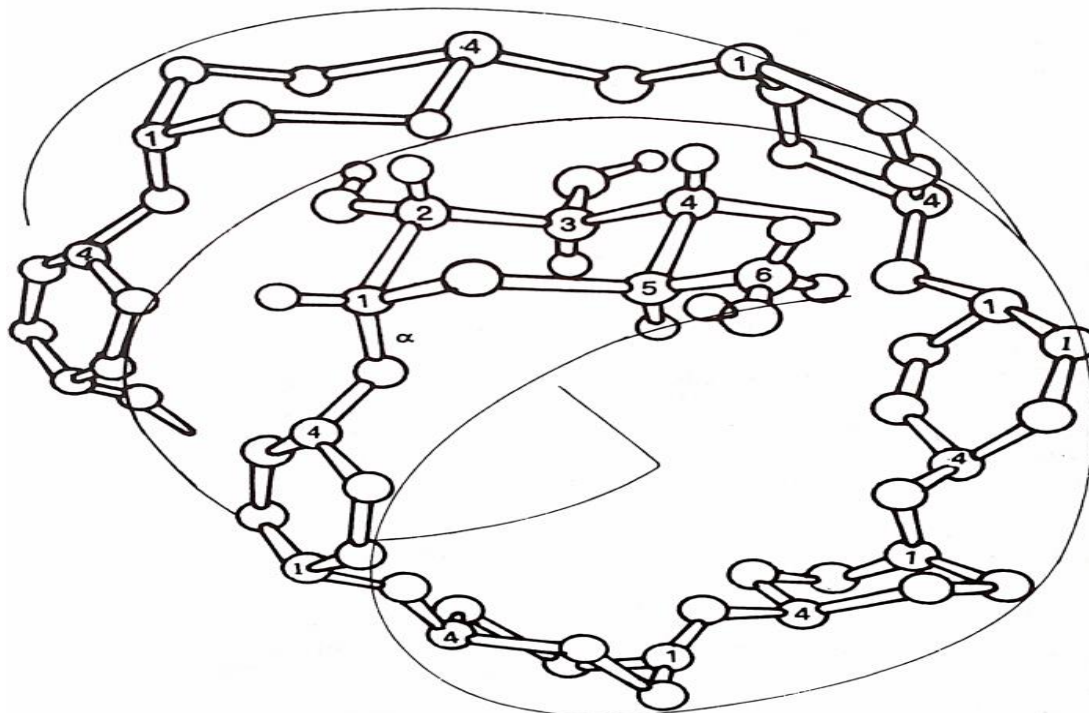
El almidón está constituido por la unión de dos polímeros distinguibles; amilosa y amilopectina. Por otro lado, este polímero ha sido ampliamente investigado ya que su proceso de transformación a azúcares fermentables es fundamental para el desarrollo de productos alimenticios.

1.2.1. a. Amilosa. Es un polímero de cadena lineal extremadamente larga, conformada estructuralmente por la unión molecular de glucosa mediante enlaces glucosídicos α 1-4. La α -amilosa al ser un isómero derivado de la celulosa tiene la

particularidad de girar a 180 grados, adoptando una conformación helicoidal totalmente empaquetada como se muestra en la Figura 3 [16].

Figura 3.

Estructura molecular de la amilosa



Nota. Conformación helicoidal extendida empaquetada de la amilosa. J. J. Hicks. G, "BIOQUÍMICA", 2ª .Ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2007. pp. 151

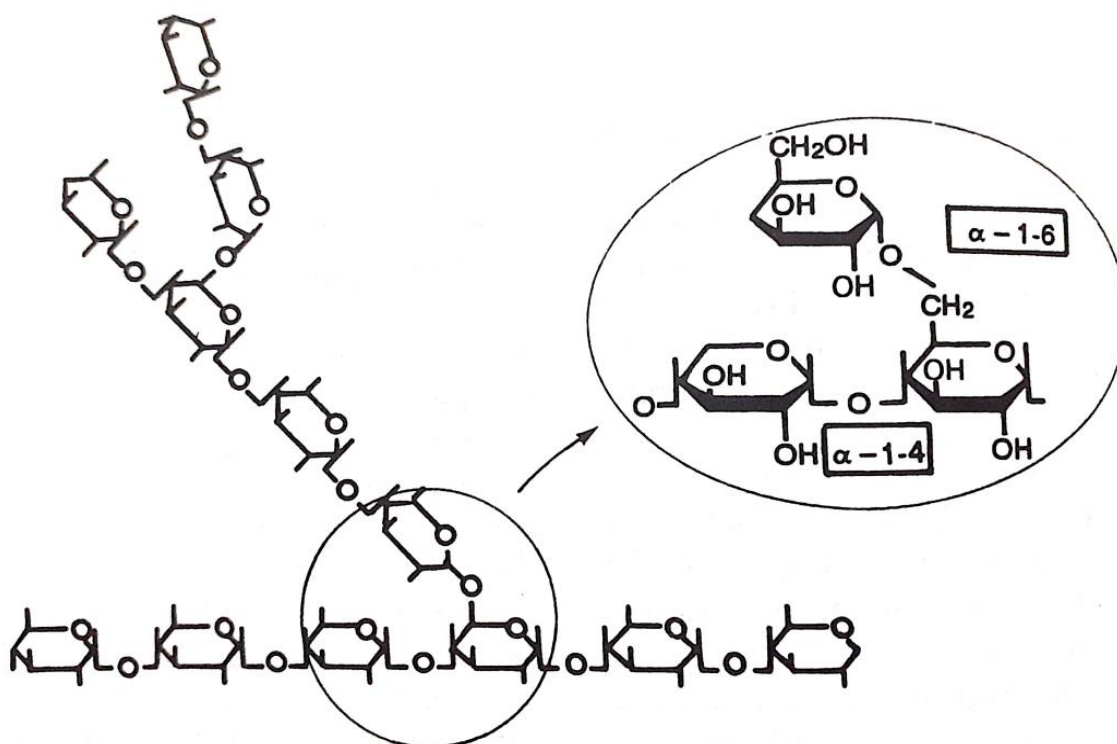
La amilosa representa el 25% de almidón total y su tinción es azul al estar presente en solución con yodo[17].

Este polímero manifiesta grandes inconvenientes al solubilizarse en agua, debido al fenómeno de retrogradarse. Al tener un peso molecular extremadamente elevado la molécula tendrá a precipitar rápidamente en agua sin llegar a solubilizarse. Para esta molécula en particular existen dos maneras para degradarse; la primera opción es exponerla a condiciones térmicas extremadamente elevadas y/o a procesos de hidrólisis enzimática [18].

1.2.1. b. Amilopectina. Es un polímero ramificado compuesto por la unión de moléculas de glucosa, donde la cadena principal lineal está unida mediante enlaces glucosídicos α 1-4 y sus ramificaciones están unidas mediante enlaces glucosídicos α 1-6 como se observa en la Figura 4 [16].

Figura 4.

Estructura molecular de la amilopectina



Nota. Estructura molecular ramificada de la amilopectina. J. J. Hicks G, "BIOQUÍMICA", 2^a.Ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2007, pp.152

La amilopectina proporciona la mayor parte del almidón total con un 75% y su tinción es violeta al estar presente en solución con yodo [17].

Es una molécula inversa a la amilosa ya que no se hidroliza, pero su capacidad al degradarse en agua es alta. La interacción molecular del agua y la amilopectina provoca la separación de grupos funcionales debido al rompimiento de puentes de H, haciendo que la molécula reduzca su tamaño y su peso molecular a medida que el contacto se mantiene [19].

1.3 Propiedades funcionales del almidón

Las propiedades funcionales están directamente sujetas a la relación de amilosa y amilopectina. Las propiedades más importantes son la gelatinización, retrogradación, viscosidad y solubilidad.

1.3.1 Gelatinización

La gelatinización es un proceso irreversible donde la muestra estará inmersa en un solvente orgánico bajo un proceso de calentamiento. El almidón estará sujeto a cambios fisicoquímicos durante este procedimiento.

El calentamiento de la muestra a altas temperaturas permite un hinchamiento granular esparciendo por toda la mezcla componentes de almidón. El incremento significativo de la temperatura proporciona una mayor viscosidad en la mezcla, formando una capa polimérica amorfa suspendida en el fluido [20].

El tiempo de exposición a altas temperaturas presentará cambios y alteraciones en la mezcla debido a un hinchamiento granular. Al evidenciar este fenómeno los gránulos a cierta temperatura comenzarán a fragmentarse hasta dañar estructuralmente la naturaleza química del almidón.

1.3.2 Retrogradación

La retrogradación es un fenómeno definido como la insolubilización y precipitación espontánea del almidón. La interacción molecular depende directamente de la concentración, dispersión del almidón y temperaturas determinadas. Respecto a la temperatura se pueden dar dos casos específicos; el primero se da cuando el almidón a temperaturas bajas al no gelatinizar vuelve a su estado natural (retrogradación), el segundo ocurre cuando el límite de temperatura al ser traspasado ocasiona descomposición y ruptura del almidón [21].

1.3.3 Viscosidad

La viscosidad es la resistencia a la deformación de algunos líquidos. La presencia de solvente en almidón presenta variación en su viscosidad, dependiendo de las temperaturas específicas que se estén manejando. El incremento de la temperatura

aumenta proporcionalmente la viscosidad, mejorando sus propiedades de resistencia a la deformación y estabilidad al congelamiento, para ello se debe tener presente la concentración de almidón que se esté aplicando y la capacidad de absorción de agua [22].

1.3.4 Solubilidad

La solubilidad es la capacidad que posee un cuerpo para disolverse en un medio líquido. Esta propiedad está directamente relacionada con el contenido de amilopectina presente en el almidón, ya que como se decía anteriormente la amilopectina presenta afinidad a disolverse en agua. Si experimentalmente se obtiene un porcentaje alto de solubilidad, esto quiere decir que en condiciones ambientales específicas su degradación requiere de menor tiempo.

1.4 Formación de películas biodegradables a base de almidón

La formación de películas biodegradables basadas en almidón se puede obtener de dos maneras, por método seco y por método húmedo. La diferencia entre estos dos métodos es que el primero requiere más cantidad de agua en comparación al otro proceso.

1.4.1 Método seco

El proceso sintético seco se fundamenta en la formación de un polímero termoplástico. Para ello el almidón extraído debe estar completamente acondicionado a bajas temperaturas, permitiendo realizar un moldeo por compresión o extrusión. La obtención de la masa resultante estará expuesta a temperatura y presión reguladas, para finalmente formar la base del material polimérico [23].

1.4.2 Método húmedo

El proceso húmedo es una de las técnicas más implementadas para la elaboración de películas a escala laboratorio, la experimentación deja como resultado una película con propiedades mecánicas altas además de características ópticas únicas. Para llevar a cabo el proceso, el almidón debe estar completamente inmerso en un solvente volátil para que la transformación sea mucho más rápida y eficiente. Se debe tener en cuenta

que el almidón extraído está regulado por la temperatura de operación, filtración, centrifugado y secado, ya que de ello dependerá la calidad del material y sus propiedades fisicoquímicas y mecánicas.

Las propiedades de la película están relacionadas directamente con el contenido de amilosa y amilopectina, ya que estas proporcionan aquellas especificaciones y características que puedan afectar estructuralmente la naturaleza del almidón. El contenido alto de amilosa mejora el comportamiento mecánico de la película haciéndola mucho más resistente, flexible y estable, en cambio la amilopectina hace que la película sea mucho más quebradiza y sensible a la humedad [24]. Las propiedades mecánicas obtenidas en este proceso son mucho más bajas comparadas con el método seco, no obstante durante el proceso se pueden realizar diversos cambios y modificaciones que mejoran la calidad de la película.

1.4.2. a. Modificación con plastificantes. La mezcla de solvente con almidón permite suavizar el polímero por debajo de su transición vítrea para reducir su cristalinidad o punto de fusión. El agua puede funcionar como plastificante solo si la proporción de almidón es mayor a la del agua, ya que de lo contrario la mezcla tendrá a fracturarse y disociarse con mayor facilidad [25].

Además del agua, la glicerina es un plastificante comúnmente utilizado para fabricar un polímero biodegradable, ya que aumenta su viscosidad, flexibilidad, resistencia a la tracción y transparencia [26].

1.4.2. b. Modificación física. Su método se fundamenta principalmente en la modificación del tamaño físico del grano, incrementando la solubilidad de la película en agua fría. Este método involucra tratamiento bajo condiciones térmicas específicas, humedad, presión y desgaste mecánico; dentro de estos procesos se encuentra principalmente la pre-gelatinización, extrusión, radiación y ultrasonido [27].

1.4.2. c. Modificación Química. Este tipo de modificación es mucho más compleja, ya que está relacionada mediante reacciones químicas con grupos hidroxilos (-OH) presentes en el almidón. La interacción química de almidón y reactivos químicos proporciona el acoplamiento de sustituyentes químicos en la molécula, alterando las

propiedades para solubilizar, gelatinizar y retrogradar a condiciones de agitación, temperatura y pH. Finalmente, se remueve el solvente para neutralizar su pH y purificar el almidón con subsecuentes lavados de agua [28].

Las modificaciones químicas más comunes en la industria son la conversión y la derivación. En la Tabla 1, se muestran las posibles modificaciones con sus respectivas propiedades obtenidas durante el procedimiento.

Tabla 1.

Métodos de modificación química del almidón

Modificación	Tipo	Propiedades
Conversión	Hidrólisis ácida	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el peso molecular. - Baja viscosidad. - Blanquea el almidón.
	Tratamiento alcalino	
	Oxidación	
	Piroconversión - Dextrinización	
Derivación	Modificación dual	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye la retrogradación. - Estabiliza la molécula para procesos físicos.
	Esterificación - Hidroxipropilación	
	Esterificación - Acetilación - Succinación	
	Entrecruzamiento – almidón fosfatado	

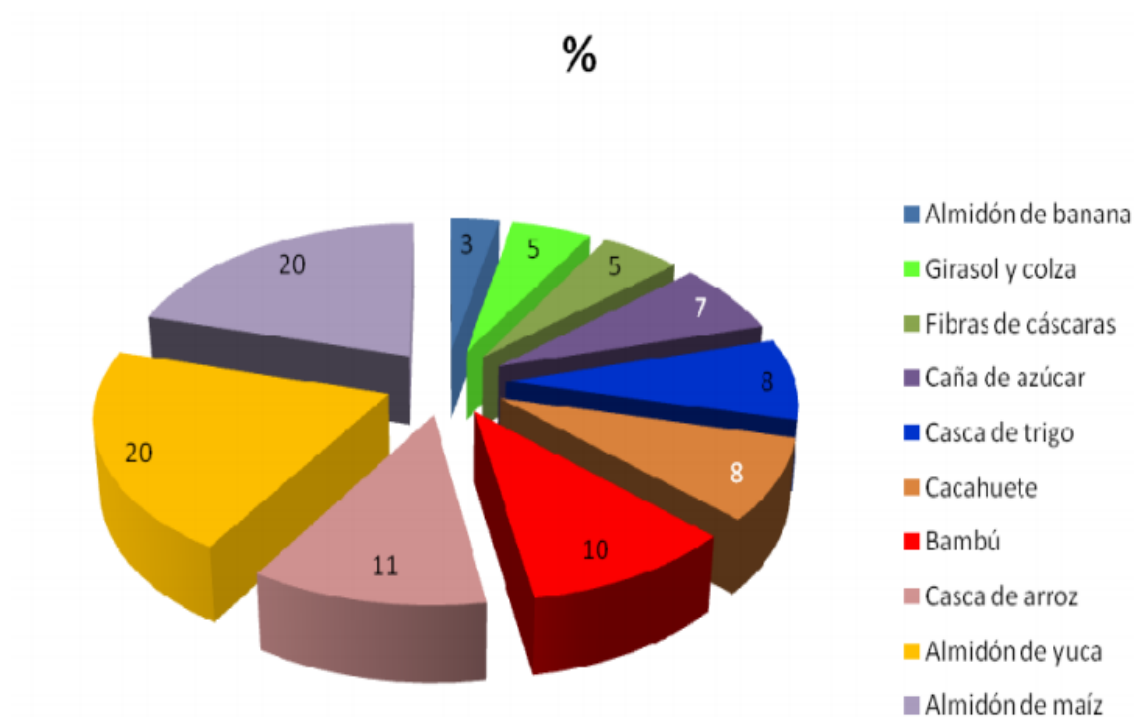
Nota. Métodos que modifican químicamente las propiedades específicas del almidón. Tomado de: D. Guerra V, “Efecto del nivel de acetilación en las características morfológicas y moleculares del almidón de plátano (*Musa Paradisiaca* L)”, México, 2007, pp 13, [En Línea]. Disponible: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/4174> [Acceso: mar.9, 2021]

1.5 Materias primas con alto contenido de almidón

Actualmente, el desarrollo de películas biodegradables ha generado gran participación de diversas materias primas provenientes de recursos naturales como se observa en la Figura 5.

Figura 5.

Porcentaje de utilización de posibles materias primas



Nota. Porcentaje de utilización de las distintas materias posibles para la producción de biopolímeros. Tomado de: ECOEMBES, España, 2009, “Proyecto de Análisis de Bioplásticos”, [En Línea]. Disponible: https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplásticos_-_resumen_ejecutivo.pdf [Acceso: mar. 11,2021]

El gráfico anterior representa un porcentaje de posibles materias primas para la producción de biopolímeros, con base a estos valores el almidón ocupa el 80% del mercado mundial para producir bioplásticos debido a su gran potencialidad. El 50% de los bioplásticos están conformados por mezclas de polímeros petroquímicos con almidón. Un estudio estadístico realizado, predice que para años posteriores se espera obtener una película 100% exclusivamente de almidón [29].

El mango (*Mangifera Indica L.*) es un fruto conformado por 60% pulpa y 40% residuos [30]. Los residuos aportan aproximadamente el 60.44% de almidón basados en procedimientos netamente experimentales a escala laboratorio [31]. Para este proyecto se propone aprovechar los residuos del mango para la formación de películas biodegradables.

1.6 El mango

El mango es un fruto de origen Asiático, procedente de Birmania del norte y el noroeste de la India, contando con gran variedad de especies silvestres del fruto. Aproximadamente hace 4000 años llegó al continente americano por los españoles en el siglo XVI [32]. Esta fruta tiene una alta demanda en el mercado mundial, ya que es una fruta extremadamente dulce y jugosa para su consumo, además de tener la capacidad de adaptarse con gran facilidad a países con climas tropicales.

1.6.1 Características botánicas

El mango pertenece a la familia botánica de las *anacardiáceas* como se muestra en la tabla 2, y su género es *Mangifera*. Actualmente existen 15 especies que son comestibles y aptas para fines de la industria alimenticia.

Tabla 2.

Clasificación taxonómica del mango

Clase	<i>Dicotiledóneas</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Sapindales</i>
Suborden	<i>Anacardiineae</i>
Familia	<i>Anacardiineae</i>
Género	<i>Mangifera</i>
Especie	<i>Indica</i>

Nota. Clasificación taxonómica del mango según su origen. Tomado de: J.R. Gamboa P, J. Mora M, Costa Rica. 2010, “*Guía para el cultivo de mango (Mangifera Indica L.)*”, [En línea]. Disponible: <http://www.platicar.go.cr/images/busca/dor/documents/pdf/01/00471-mango.pdf> [Acceso: mar.17, 2021]

El árbol de mango es muy susceptible a climas extremadamente fríos pero resistentes a temporadas de sequía, su temperatura óptima para su cultivo oscila entre

los 22° C a 27°C. Su forma es simétrica como se muestra en la Figura 6, con una altura que oscila entre los 10 a 20 m, este árbol es caracterizado por poseer raíces extremadamente fuertes y profundas [33].

Figura 6.

Árbol de mango



Nota. Apariencia física árbol de mango. Tomado de: “Mango todo sobre el rey trópico. Propiedades Beneficio Cultivo”, [En Línea]. Disponible: <https://frutasyverduras.info/mango/> [Acceso mar.19, 2021]

Sus hojas tienen forma punta de lanza de 1-12 cm de largo y su coloración varía dependiendo del clima y su condición de maduración. Las hojas maduras presentan una coloración verde oscura con una superficie más brillante y su coloración rojiza se presenta únicamente en temporadas de sequía [33].

1.6.2 Variedad de mango en Colombia.

La federación colombiana productores de Mango, FEDEMANGO, es una organización gremial compuesta por productores de mango en Colombia, la cual tiene como objetivo la presentación, fortalecimiento, consolidación y defensa de la organización gremial. A través de esta federación se realizan las respectivas inspecciones en tierras cultivadas de mango, tecnología, sostenibilidad ambiental social

y económica, que determinan las respectivas mejoras a realizar durante la recolección, cultivación y acondicionamiento de la fruta [34]. Actualmente, FEDEMANGO reconoce que las principales especies de mango en Colombia son: Haden, Keitt, Yulima, Criollo y Tommy.

1.6.2. a. Mango Haden. Esta especie presenta una forma ovalada con base redonda, su peso oscila entre los 270 g a 430 g y su aroma es muy dulce. Como se observa en la Figura 7, posee una coloración amarilla y roja además de tener una apariencia muy atractiva. La semilla representa el 10% del peso total de la fruta y su cosecha comprende fechas entre mayo y junio [35].

Figura 7.

Mango Haden



Nota. Apariencia física del mango Haden. Tomado de: “*Mango PLU Codes & Varieties | National Mango Board*”, [En Línea]. Disponible: <https://www.mango.org/es/variedades-y-codigos-plu/> [Acceso: mar.22, 2021]

1.6.2. b. Mango Keitt. Esta especie posee un fruto mucho más grande ovalado, su peso oscila entre los 800 y 1000 g y su sabor es mucho más agridulce comparado con otras especies. Como se observa en la Figura 8, su respectiva coloración es verdosa con amarillo debido a que esta especie presenta gran dificultad para madurar además de

contener poca fibra. No presenta problemas de pudrición en el fruto, es muy resistente a cambios climáticos y a ser infectado por plagas [36].

Figura 8.

Mango Keitt



Nota. Apariencia física del mango Keitt. Tomado de: “*Federación Colombiana de productores de mango*”, [En Línea]. Disponible: <https://www.fedemango.org/mango-keitt/> [Acceso: mar.22, 2021]

1.6.2. c. Mango Yulima. Esta especie es caracterizada por su coloración rojiza como se muestra en la Figura 9, su aroma es exquisito con sabor agridulce. Contiene aproximadamente 15 grados Brix con un peso que oscila entre los 400 a 700 g. Esta especie es muy vulnerable a ser infectada por plagas. Su cosecha se da dos veces por año y su mayor productor se da en el departamento del Tolima [37].

Figura 9.

Mango Yulima



Nota. Apariencia física del mango Yulima. Tomado de: “*Federación Colombiana de productores de mango*”, [En Línea]. Disponible <https://www.fedemango.org/mango-yulima/> [Acceso: mar.22, 2021]

1.6.2. d. Mango Criollo. Esta especie posee una coloración amarilla con base rojiza como se evidencia en la Figura 10, posee muy poca fibra a pesar de que su aroma y su sabor es extremadamente dulce. Su semilla es mucho más grande comparados con otros mangos y su peso oscila entre los 400 y 600 g. El departamento de Antioquia más exactamente en el municipio de Sopetrán, es uno de los mayores productores de mango criollo a nivel nacional [36].

Figura 10.

Mango Criollo



Nota. Apariencia física del mango Criollo. Tomado de: “*Fruver La Granja*”, [En Línea]. Disponible: <https://fruverlagranja.com/tienda/envigado/productos/mango-criollo-x-1000gr/> [Acceso: mar.22, 2021]

1.6.2. e. Mango Tommy. Esta especie es una de las más reconocidas nacionalmente donde su mayor producción se da en los departamentos de Cundinamarca y Tolima. Su coloración es rojiza como se muestra en la Figura 11, además de poseer un aroma fuerte y dulce, su contenido de fibra es muy baja. Su peso oscila entre los 450 a 600 g y su semilla representa un peso equivalente de 12 a 13% de la fruta. Es muy tolerante a ser infectada por antracnosis y otros tipos de plagas, generando con facilidad procesos de putrefacción [38].

Figura 11.

Mango Tommy



Nota. Apariencia física del mango Tommy. Tomado de: “*Federación Colombiana de productores de mango*”, [En Línea]. Disponible <https://www.fedemango.org/mangos-tommy/> [Acceso: mar.22, 2021]

1.6.3 Componentes del mango

1.6.3. a. El fruto de mango está conformado principalmente por pulpa que rodea el endocarpio fibroso como se observa en la Figura 12. El endocarpio tiene como función principal proteger internamente la semilla (cotiledón).

El tamaño y color del fruto es variable dependiendo de su origen botánico y sus condiciones de maduración, su colocación puede ser roja, verde, amarilla y morada. Su peso aproximado se estima que está entre los 50 g hasta los 2 kg del peso total de la fruta [33].

Figura 12.

Fruto de mango



Nota. Pulpa de mango con su respectiva coloración. Tomado de: “*El mango, beneficios tropicales*”, [En Línea]. Disponible: <https://www.vitonica.com/vitaminas/el-mango-beneficios-tropicales> [Acceso: mar.22, 2021]

El consumo de la pulpa en los países se encuentra dividido de dos maneras, una parte es preparada para la comercialización en las plazas de mercado o almacenes de cadena, y la mayor parte es almacenada y acondicionada en la industria alimentaria, para producir zumos, jugos y endulzantes. Este fruto es muy atractivo por su alto contenido en vitaminas, minerales y nutrientes como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3.

Composición química en promedio del mango (x100g)

MACRONUTRIENTES (g)		MINERALES (mg)		VITAMINAS (mg)			
Agua	83.5	Ca	11	AA	54	A (IU)	1082
Proteína	0.8	Fe	0.16	Tiamina	1082	E	0.9
Grasa	0.4	Mg	10	Riboflavin a	0.9	K (µg)	4.2

CHOS	15	P	14	Niacina	4.2	D (µg)	0
Fibra	1.6	K	168	B6	0	B12 (µg)	0
Azúcares	13.7	Na	1	Folatos	43	-	-
Energía (Kcal)	60	Zn	0.09	A (EqR)	54	-	-

Desechos (cáscara y semilla)

28-38%

Nota. Valor nutricional promedio contenido en la pulpa de mango por cada 100 g, con su respectivo porcentaje en desechos. Tomado de: A. Wall M, F.J. Olivas A, “*El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud*”, México, 2014, [En Línea]. Disponible: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/06revision06.pdf> [Acceso: mar.24, 2021]

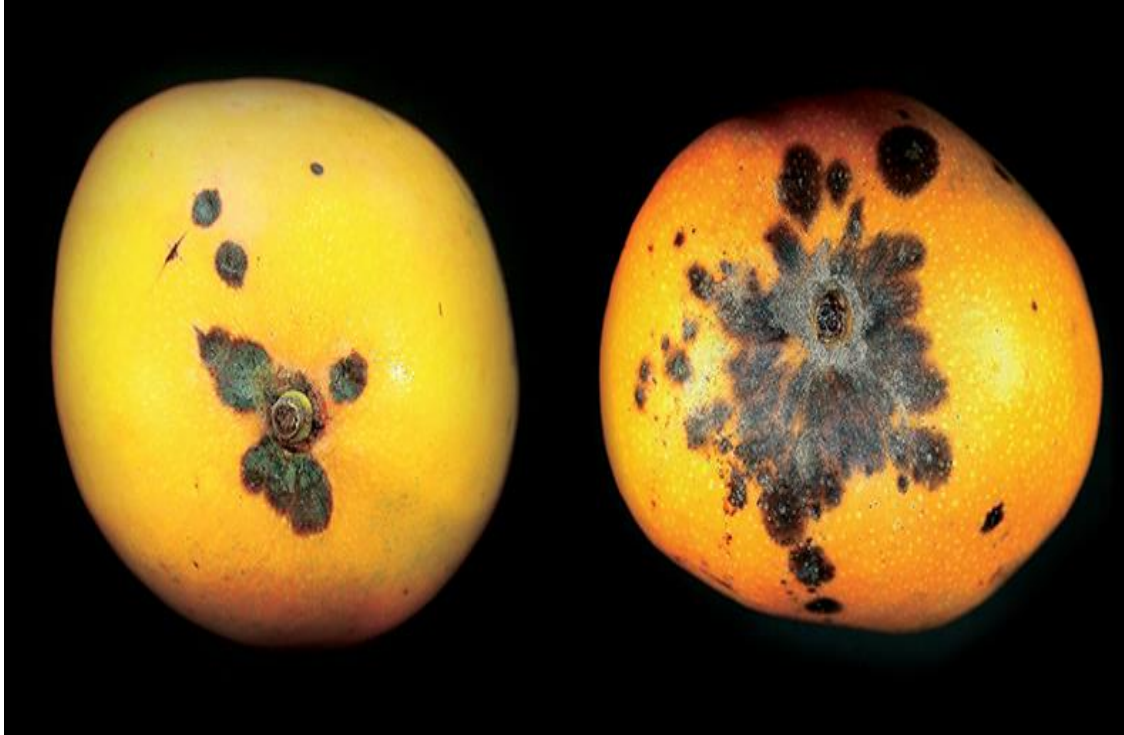
1.6.3. b. La cáscara posee componentes ricos en pectinas y polifenoles, dependiendo de su especie. Un estudio específico encontró que la pectina (polisacárido) es muy usada en la industria alimentaria, debido a su potencial nutricional y sus componentes funcionales para la elaboración de mermeladas.

La cáscara tiene una estructura esencial cuya ventaja es captar con mayor facilidad el agua, además de que su degradación en condiciones ambientales es implementada como fertilizante o abono para las plantas debido a sus componentes nutritivos [39].

Cabe resaltar que al momento de seleccionar la fruta si se presentan manchas negras en su superficie como se observa en la Figura 13, el fruto no es apto para el consumo humano ni para su aprovechamiento, debido a que el fruto presenta contaminación por antracnosis (hongos).

Figura 13.

Mango contaminado por antracnosis

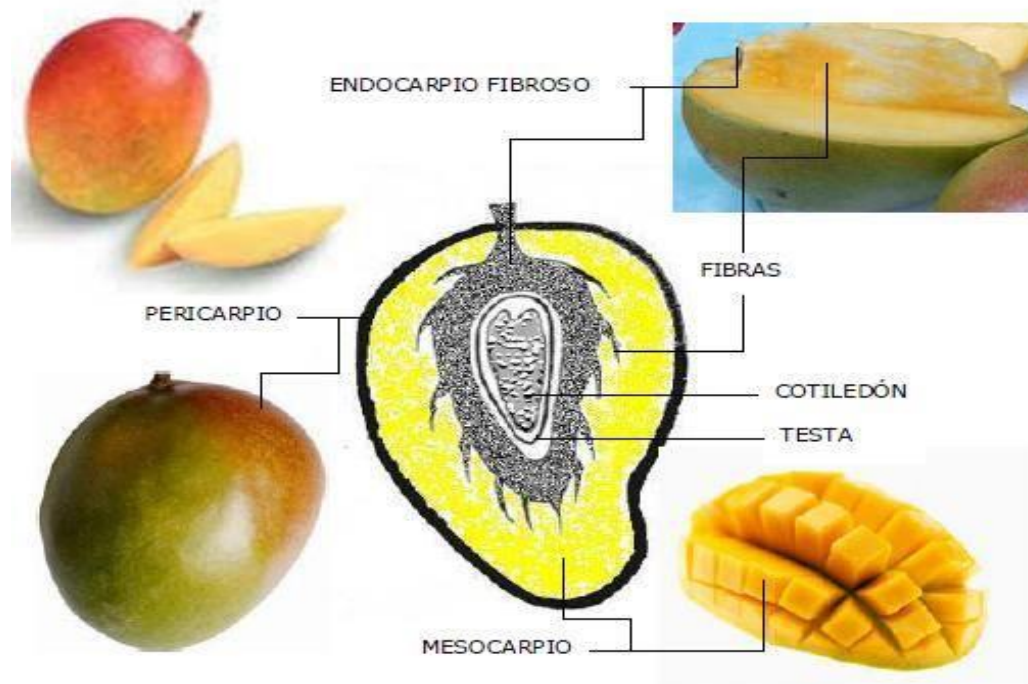


Nota. Mango que ya ha sido contaminado por antracnosis, debido a la formación de una mancha negra en su cáscara. Tomado de: *“Estrategias para un correcto control de antracnosis en mango”*, [En Línea]. Disponible: <https://www.redagricola.com/pe/estrategias-para-un-correcto-control-de-antracnosis-en-mango/> [Acceso: mar.24, 2021]

1.6.3. c. La semilla representa un peso equivalente al 12% del peso total de la fruta, conformado por varias capas que la protegen como se muestra en la Figura 14.

Figura 14.

Componentes de la semilla



Nota. Capas internas presentes en la semilla de mango. Tomado de: “*El tallo, la semilla y composición química del mango*”, [En Línea]. Disponible: <http://smith435.blogspot.com/2018/05/el-tallo-semilla-y-composicion-quimica.html> [Acceso: mar.24, 2021]

- Pericarpio: Es la capa delgada exterior del fruto.
- Endocarpio Fibroso: Se caracteriza por presentar fibras longitudinales que se extienden hacia la parte carnosa o pulpa, usado como índice para determinar la calidad de la fruta.
- Testa: Es un tejido delgado, que se encuentra unido a la parte interna del endocarpio.
- Tegumento: Es la estructura que envuelve los cotiledones y es mucho más grueso que la testa.
- Cotiledones: Son la parte de la semilla dividida en secciones donde se localizan los embriones sexuales y nucleares [40].

El alto contenido graso presente en la semilla como se muestra en la Tabla 4, posee cualidades y ventajas industriales, una de ellas es la capacidad de absorción de

agua y lípidos para productos emulsificantes y estabilizantes desarrollados en la industria alimentaria. Por otro lado, posee gran resistencia a efectos microbianos como hongos y parásitos [39].

Tabla 4.

Composición química promedio de la semilla de mango

Característica	Porcentaje (%)
Proteína cruda	6,39
Humedad	44,8
Grasa cruda	10,70
Cenizas	1,4
Fibra	2,38

Nota. Composición química promedio contenida en la semilla de mango. Tomado de: [39] G.R. Gómez P, O.F. Guzmán N, “*Alternativas de valorización para el residuo de mango (Mangifera Indica L.) mediante el uso de biotecnología tradicional en el departamento del Atlántico*”, Universidad Libre Seccional Barranquilla, Colombia, 2019, [En Línea]. Disponible: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17819/8641709.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso: mar.24, 2021]

Para este proyecto las propiedades requeridas para un análisis posterior son: la humedad, cenizas y materia seca.

- **Humedad:** Debido al proceso biológico presente en el fruto, la semilla está constituida por material seco y por agua. Para determinar la humedad contenida se requiere conocer el peso de la semilla antes de ser llevada al horno, con la diferencia de pesos se obtiene el contenido de humedad.
- **Cenizas:** Para su determinación se procede a calcinar la semilla en una mufla. La muestra estará expuesta a altas temperaturas durante un tiempo determinado. Al

cumplir el tiempo requerido se procede a analizar solamente las partículas que presentan coloración gris o blanco.

- **Materia seca:** Para determinar la materia seca es necesario que la muestra esté completamente seca y con el porcentaje de humedad ya obtenido anteriormente.

1.7 Métodos de extracción

Para la obtención de almidón a partir de los residuos de mango se usará exclusivamente cáscaras y cotiledones libres de contaminación e impurezas, por tal motivo se considera importante establecer los posibles métodos de extracción de almidón en estos residuos. Estos métodos se subdividen en métodos físicos y métodos químicos.

1.7.1 Métodos físicos

1.7.1. a. **Molienda y tamizado.** Es un método de separación en seco basado en diferencias de tamaño. La molienda es una operación unitaria que pulveriza la materia prima hasta reducir su volumen. Las variables que se pueden controlar durante el procedimiento son la cantidad de grano y tiempo necesario para la trituración de la muestra [41].

Seguido al proceso de molienda la materia prima se lleva a un proceso de tamizaje. El proceso de tamizado es un proceso por el cual se obtiene partículas finas (harina) como producto de interés, el tamiz cuenta con una serie de mallas por donde la materia prima tenderá a atravesar. Estas mallas tienen como propiedad separar las partículas más grandes reteniéndolas en la malla de las partículas más ligeras o finas (producto de interés), además cada malla posee un número de identificación que representa que diámetro de partícula puede lograr atravesarla. Para que el proceso sea mucho más rápido y eficiente el tamizaje debe estar expuesto a agitación mecánica.

Este método no es tan efectivo como los métodos húmedos, debido a que el proceso de tamizaje tarda bastante tiempo en completarse, además que el producto de interés puede generar algún tipo de impureza o contaminante que afecte el rendimiento al finalizar el proceso.

1.7.1. b. Sedimentación. Es un método de separación húmeda la cual consiste en remover por efecto gravitacional las partículas presentes en un líquido. La mezcla de materia prima con un solvente es contenida en una probeta dejándose en reposo por un tiempo determinado.

Después de este tiempo se presenta la formación de 2 fases, separando el sobrenadante (fase líquida) del sedimentado (fase sólida), este último es llevado a un proceso de secado. Este método requiere de mayor tiempo para sedimentar por completo las partículas de almidón, pero su principal inconveniente es la pérdida de almidón al remover el solvente generando menor rendimiento.

1.7.2 Métodos químicos

1.7.2. a. Extracción arrastre de vapor. Es una técnica muy implementada a escala laboratorio permitiendo la separación de sustancias químicas insolubles en H₂O y productos altamente volátiles. El agua al estar asociado con material orgánico en un proceso térmico, permite que el vapor sobrecalentado obtenido penetre con mayor facilidad las membranas del material, arrastrando aquellos compuestos de interés como grasas, fibra y proteínas de otros compuestos volátiles. El vapor con dichos extractos posteriormente es condensado, generando una diferencia significativa de las fases para luego ser decantado. Finalmente los compuestos orgánicos son almacenados en un matraz recolector [42].

Este proceso es muy utilizado para la extracción de esencias y aceites esenciales, debido a que proporciona un alto nivel de pureza en el producto de interés. Estos productos son implementados en la industria cosmética y perfumes.

1.7.2. b. Extracción Soxhlet. Es una técnica de extracción sólido-líquido, la cual permite la separación de compuestos orgánicos de componentes volátiles, mediante el uso de un disolvente.

En este procedimiento la muestra de origen vegetal previamente pulverizada es colocada respectivamente en la cámara del extractor. Una vez hecho el respectivo montaje se procede a calentar el disolvente hasta llegar a su temperatura de ebullición, el vapor generado condensa cayendo gota a gota directamente sobre la muestra, para

extraer componentes orgánicos como ácidos grasos. Cuando se llega al nivel del sifón lateral, el solvente mezclado con material orgánico retorna nuevamente al matraz. Finalmente, se procede a realizar una destilación simple para separar el disolvente del producto de interés, obteniendo el disolvente nuevamente puro y el producto sin trazas de disolvente [43].

Esta técnica es muy implementada a escala laboratorio e industrial, debido a que proporciona altos rendimientos y recuperación del disolvente. Los productos obtenidos en esta técnica son ácidos grasos.

1.7.2. c. Extracción por microondas asistido. Es una técnica de extracción sólido-líquido, el cual consiste en exponer el material orgánico a agitación con un disolvente bajo condiciones de calentamiento. El proceso implica que la transmisión de energía de forma indirecta (radiación, conducción, convección) interviene de manera significativa la interacción del disolvente con el material orgánico, aunque cabe resaltar que algunas materias primas son muy sensibles a la radiación lo cual podría afectar el proceso extractivo [44].

El empleo del microondas permite menor tiempo de extracción, reduciendo costos energéticos además de obtener altos recobrados en los productos de interés. Los productos obtenidos en esta técnica son aceites esenciales.

1.7.3. d. Extracción directa por reflujo. Es una técnica de extracción sólido-líquido, el cual consiste en la inmersión del material orgánico en un disolvente bajo un proceso de calentamiento. Este proceso trabaja a temperaturas superiores a la de ambiente, a medida que el calentamiento se efectúa el vapor asciende por el matraz hasta la zona de refrigeración con el fin de que no haya pérdida del solvente, además el reflujo continuo de disolvente mantiene constante el proceso. Para esta técnica una vez cumplido el tiempo de exposición se filtra al vacío, para remover el disolvente [45].

Los productos de interés obtenidos en esta técnica son azúcares, almidón y aceites esenciales.

1.8 Aplicaciones de biopolímeros con residuos de mango

A continuación, se presentarán algunas investigaciones y resultados obtenidos de películas biodegradables a partir del aprovechamiento de residuos de mango.

- En la revista Tecnoacademia editada por el SENA, se propone una de las alternativas para elaborar bioplástico a partir de polímeros biodegradables mediante el aprovechamiento de residuos de mango. Para llevar a cabo esta investigación, se procedió al almacenamiento de la materia prima para después cuantificar la cantidad residual y la conformación del mango. Los residuos fueron pre-tratados mediante un proceso de deshidratación, para luego proceder con el proceso extractivo de almidón con agua desionizada como solvente. Con el almidón extraído se elaboró un bioplástico usando vinagre y glicerina como solventes necesarios para el proceso de plastificación [46].
- Otra investigación realizada en la Universidad Tecnológica de Panamá, se encontró un estudio donde se aísla completamente el almidón presente en la semilla de mango. Se observó que existe un gran potencial para el uso de la semilla y la cáscara de mango como fuente extractiva de almidón, cuyas características son comparables con almidones de uso común en la producción de películas biodegradables. La formación de estas películas se realizó por el método casting obteniendo como resultado final un bioplástico con excelentes propiedades mecánicas [31].

Con lo anteriormente expuesto, el presente trabajo de grado pretende evaluar la obtención de almidón a partir de los residuos orgánicos de mango para la producción de un biopolímero a escala laboratorio.

2. CONDICIONES DE SEPARACIÓN DE ALMIDÓN EN LOS RESIDUOS DE MANGO

En este capítulo se describe el proceso para la obtención de almidón a partir de los residuos de mango. De acuerdo con la información presentada en el capítulo 1, se establece el método más adecuado para el desarrollo experimental de este proyecto de investigación.

A partir de la bibliografía consultada, se describe la metodología implementada en cada una de las etapas para el proceso de extracción de almidón.

2.1 Condiciones de separación de almidón en los residuos de mango

2.1.1 Selección método de extracción

Para la selección del método de extracción, se hizo una revisión bibliográfica en donde se evaluaron las ventajas y desventajas de los diferentes métodos expuestos en el capítulo 1. A continuación se muestra un cuadro comparativo de los diferentes métodos.

Tabla 5.

Ventajas y desventajas de los métodos de extracción

Método	Proceso	Ventajas	Desventajas
Físico	Molienda y tamizado	-El proceso se realiza en seco. -La separación se realiza a partir de diferentes mallas de tal manera que se obtiene partículas finas (producto de interés)	- El material es susceptible a contaminación por el tamizado. -Proporciona rendimientos bajos. -En la molienda y tamizado se pueden originar pérdida de material. -El tamizado es un proceso lento.
	Sedimentación	-La extracción se da por efecto de la gravedad. -Requiere de un bajo consumo hídrico. -Método sencillo.	-Proporciona bajos rendimientos.

Químico	Arrastre de vapor	<ul style="list-style-type: none"> -Producto con alto nivel de pureza. -Técnica de sencilla manipulación. - Técnica implementada para obtención de aceites esenciales y esencias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Largos periodos de tiempo. -Proporciona rendimientos bajos.
	Soxhlet	<ul style="list-style-type: none"> -Proporciona rendimientos altos. -Se recupera el disolvente puro. -Técnica implementada para la obtención de ácidos grasos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Largos periodos de tiempo. -Alto consumo de recurso hídrico. - Alto costo de disolventes. -Técnica con alto riesgo de explosión e incendio.
	Extracción por microondas asistido	<ul style="list-style-type: none"> - La agitación hace que el calentamiento sea uniforme. -Menor tiempo de extracción. -Proporciona altos rendimientos. -Técnica implementada para la extracción de aceites esenciales. -Menor costo energético. 	<ul style="list-style-type: none"> -Altera las propiedades fisicoquímicas de la materia prima debido a la radiación. -Se dificulta el control de la temperatura.
	Extracción directa por reflujo	<ul style="list-style-type: none"> -Rendimientos altos. -Técnica implementada para extracción de azúcares, almidón y aceites esenciales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Largo periodos de tiempo. -Alto consumo de recurso hídrico.

Nota. Matriz comparativa de los posibles métodos para el proceso de extracción de almidón. Tomado de: [47] L. Reyes, “*Evaluación técnico-financiera de la obtención de aceite de semillas de guanábana (Annona muricata)*”, Fundación Universidad de América, Colombia, 2020, [En Línea]. Disponible: <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8129>

De acuerdo a la matriz comparativa (Tabla 5), los métodos físicos causan mucha incertidumbre al obtener un producto de interés. Aun así, los métodos más implementados son los métodos químicos debido a su precisión, altos rendimientos y nivel de pureza en productos.

Cabe resaltar que la mayoría de los métodos químicos son implementados específicamente para la obtención de aceites esenciales, por otro lado el método que se acopla a las condiciones específicas para esta investigación es realizar una extracción directa por reflujo implementando el uso de un solvente orgánico.

2.1.2 Selección del solvente

Previamente a la extracción, se realizó una recopilación bibliográfica de aquellos solventes orgánicos que pueden presentar afinidad y compatibilidad con el material vegetal.

De acuerdo a la información brindada por Gutiérrez, C, [5] y por Ortiz, M, [48], para el proceso de extracción de almidón se trabajó con el metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y el bisulfito de sodio (NaHSO_3) respectivamente.

Para el análisis de estos solventes, se realizó una matriz comparativa con el fin de determinar cuál presentaba las mejores condiciones para el proceso. En la Tabla 6, se presentan las características y propiedades de cada uno, sin embargo es evidente que ambos reactivos presentan propiedades similares.

Tabla 6.

Matriz de comparación de los solventes para el proceso experimental

Solvente	Punto de ebullición (°C)	Riesgo a la salud	Incompatibilidad química	Costo COP/lb

<p>Metabisulfito de sodio (Na₂S₂O₅)</p>	<p>No aplica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En contacto con la piel puede provocar signos de dermatitis alérgica. - La exposición al polvo puede causar irritación severa en los ojos. - La inhalación de polvo causa irritación en el tracto respiratorio. - La ingestión puede causar náuseas, vómito, diarrea y dolor abdominal. 	<p>Al estar en presencia de agua, o ácido, su reacción libera gases tóxicos y peligrosos como el dióxido de azufre. Al contacto con potasio, metales de sodio y agentes oxidantes producen reacciones violentas.</p> <p>Es necesario evitar el contacto directo con la llama, exposición a temperaturas extremadamente altas y la humedad [49].</p>	<p>\$9.000</p>
<p>Bisulfito de sodio (NaHSO₃)</p>	<p>96</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La exposición en personas sensibles al sulfito, asmáticas y atópicas puede provocar reducción en el tracto respiratorio. -Su descomposición produce humos tóxicos que pueden provocar deterioro pulmonar permanente. 	<p>La solución con agua es mucho más estable dependiendo de sus condiciones. Su reacción libera gases tóxicos y peligrosos como el dióxido de azufre. Al contacto con potasio, metales de sodio y agentes oxidantes producen reacciones violentas.</p>	<p>\$7.000</p>

		- En contacto con la piel y ojos produce irritación y picazón.	Es necesario evitar el contacto directo con la llama, exposición a temperaturas extremadamente altas [50].	
--	--	--	--	--

Nota. Matriz comparativa del metabisulfito de sodio con el bisulfito de sodio, para selección del solvente para el proceso de extracción. Tomado de: "Ficha de seguridad del bisulfito de sodio y metabisulfito de sodio", [En Línea]. Disponible: <https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-calabrian/resource-center/certificates-2020/sds---april-2020/smb-sds-spanish.pdf>, https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-calabrian/resource-center/safety-data-sheets/sodium_bisulfite_safety_data_sheet_spa.pdf

A partir de dicha matriz se decide trabajar con el bisulfito de sodio, ya que este solvente es de fácil acceso además de presentar un menor costo en el mercado, su punto de ebullición es conocido y la solución en agua es estable.

El bisulfito de sodio es una sal ácida empleada en la industria alimentaria como agente desinfectante, conservante y antioxidante [48]. Es así, que este solvente se puede acondicionar muy bien con materia prima de origen natural, además de garantizar que no ocurran procesos fermentativos, ni proliferación microbiana que puedan afectar la materia prima.

2.1.3 Metodología

El planteamiento para el desarrollo experimental del proceso, se encuentra conformada por tres etapas específicas. En la Etapa 1, se llevará a cabo el proceso de limpieza e inspección de los residuos de mango con el objetivo de descartar aquellos desechos que estén en etapa de descomposición y putrefacción. Solo se seleccionaron aquellos residuos que se encuentran totalmente frescos y en óptimas condiciones.

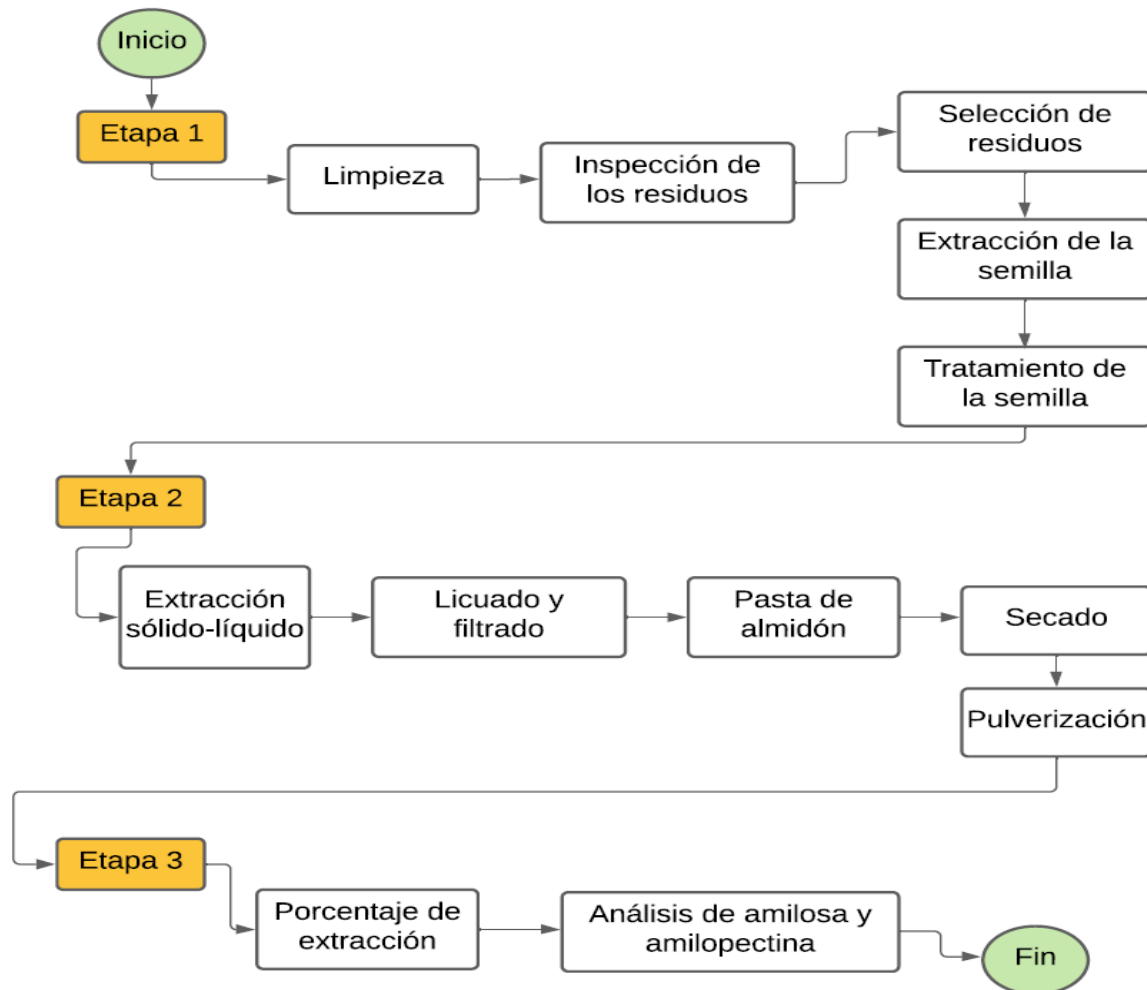
Los endocarpios de mango seleccionados anteriormente, pasarán por un proceso de extracción de la semilla (cotiledón), seguido de un pre-tratamiento con el fin de conservar o preservar la semilla.

En la etapa 2, se realizó la parte experimental con los residuos pre-tratados anteriormente. Este proceso se llevará a cabo en el laboratorio de las instalaciones de la Fundación Universidad de América, en donde se realizará el montaje de extracción sólido-líquido usando el solvente escogido anteriormente [48]. Al finalizar el tiempo de exposición el material es retirado de la solución para obtener la pasta de almidón.

En la última etapa, se realizó la prueba de yodo para determinar la presencia de almidón en cada muestra. Una vez realizado este ensayo, las muestras serán pesadas para determinar los respectivos rendimientos, contenido de amilosa y amilopectina de cada una de ellas. En la Figura 15, se muestra el procedimiento a seguir en cada una de las etapas.

Figura 15.

Metodología para el proceso de extracción



Nota. Diagrama de flujo que proporciona la metodología que se seguirá durante el proceso experimental. Tomado de: [48] M. Ortiz, “Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*Mangifera Indica L.*) con aplicación potencial en envases”, Universidad El Bosque, Colombia, 2019, [En Línea]. Disponible: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>

2.1.4 Etapa 1

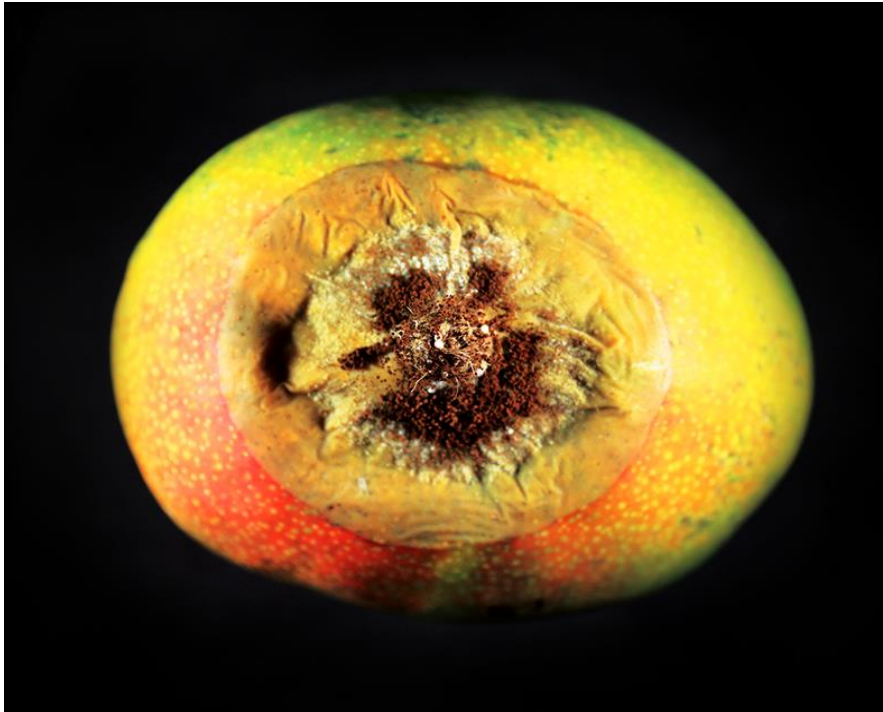
El objetivo de esta primera fase es describir aquellas actividades que permitan conservar y preservar los residuos de mango de factores ambientales y microbiológicos, que puedan afectar o alterar la naturaleza química de los mismos. A continuación se expondrán detalladamente cada una de las actividades.

2.1.4. a. Limpieza. Una vez recolectado el endocarpio de mango, estos pasaron por un proceso de desinfección con agua destilada donde se removieron aquellos residuos de pulpa que aún se encontraban adheridos en su superficie. La remoción de estos residuos facilitó el tratamiento y la extracción de la semilla de mango.

2.1.4. b. Inspección y selección. Para la inspección del endocarpio y las cáscaras como se observa en la Figura 16, se debe visualizar que no presenten cambios físicos como descomposición ni manchas negras (hongos), ya que de ser así estos serán descartados del proceso.

Figura 16.

Mango contaminado por plaga



Nota. Componentes internos del mango, pulpa y endocarpio contaminado por antracnosis (plaga). Tomado de: “*Estrategias para un correcto control de antracnosis en mango*”, [En Línea]. Disponible: <https://www.redagricola.com/pe/estrategias-para-un-correcto-control-de-antracnosis-en-mango/> [Acceso: abr.5, 2021]

Aquellos residuos que no tengan dichos cambios fueron seleccionados para posteriores etapas durante el proceso de acondicionamiento.

2.1.4. c. Extracción de la semilla. Para la extracción de la semilla, fue necesario con un escalpelo abrir una parte del endocarpio. Una vez hecha esta acción con ayuda de unas pinzas se procede a extraer con precaución la semilla.

A continuación, se procede a remover cada una de las capas externas que envuelven la semilla. En la Figura 17, se puede observar la textura física y coloración de las semillas de mango obtenidas.

Figura 17.

Obtención del cotiledón de mango



Nota. Obtención de la semilla de mango.

2.1.4. d. Tratamiento de la semilla. Una vez extraída la semilla, al entrar en contacto directo con el medio ambiente comenzará a experimentar cambios fisiológicos a través del tiempo. Estos cambios varían dependiendo de la especie de mango, concentración de oxígeno y dióxido de carbono contenida en el interior de la semilla [51].

Con base a la información presentada anteriormente, la semilla tenderá a contaminarse y descomponerse por la presencia de microorganismos presentes en el entorno. Para inhibir este tipo de procesos, se propone tratar la semilla mediante inmersión en solución de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) al 1%. El tiempo de exposición no debe exceder los 7 minutos ya que el material vegetal en condiciones ácidas afectará estructuralmente la naturaleza química de la semilla [52].

2.1.4. e. Secado y molienda. Los cotiledones deben dejarse por 48 horas a temperatura ambiente removiendo aproximadamente un 80% de humedad, para luego ser llevados a un proceso de molienda. La molienda se realizó mediante un molino manual para grano de marca corona Figura 18, obteniendo una reducción de partícula de la semilla [53].

Figura 18.

Molino tradicional para grano



Nota. Molino tradicional para la reducción de tamaño de partícula en las semillas de mango. Tomado de: “Molino *tradicional para grano*”, [En Línea]. Disponible: <https://www.tiendahogaruniversal.com/molino-tradicional-para-grano/p> [Acceso: abr.5, 2021]

2.1.4. f. Almacenamiento. La harina obtenida en el proceso de molienda será almacenada en bolsas plásticas con cierre hermético como se muestra en la Figura 19, el cual previene que las muestras sean contaminadas por factores externos presentes en el entorno [47].

Figura 19.

Almacenado de la materia prima



Nota. Almacenamiento de los residuos de mango en bolsas plásticas herméticas.

2.1.5 Etapa 2

En esta segunda etapa, se realizó las pruebas experimentales de laboratorio en las instalaciones de la Fundación Universidad de América.

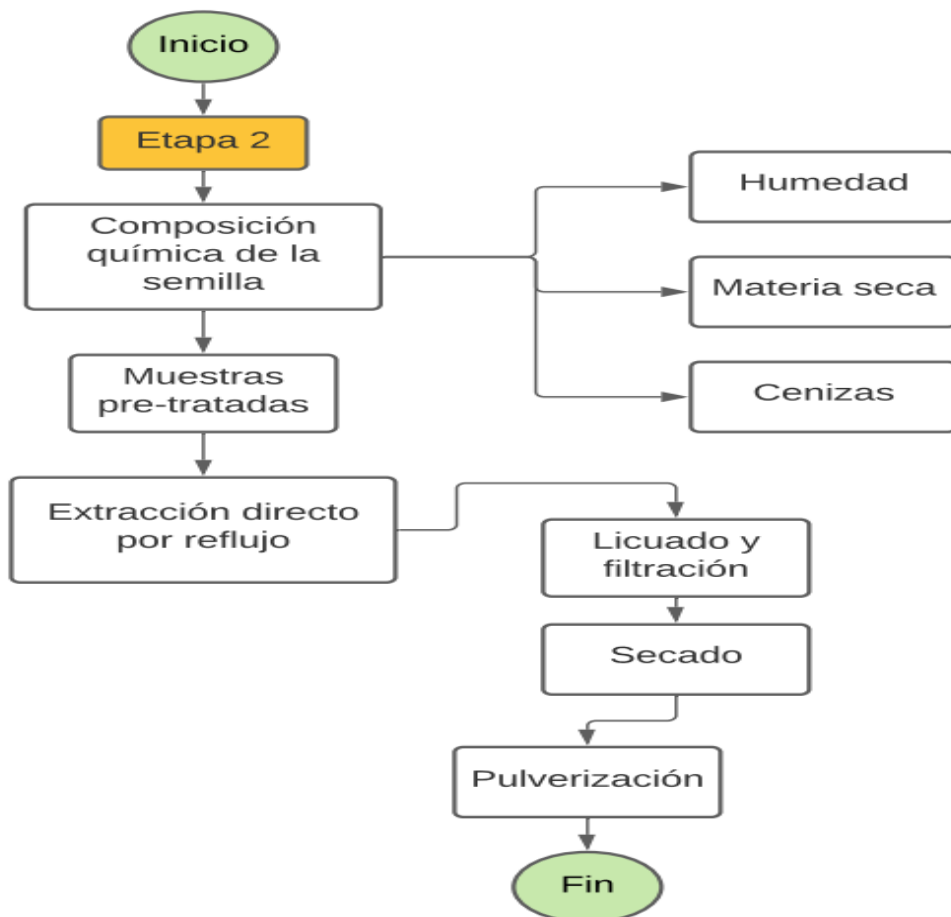
Inicialmente se requiere determinar el contenido de humedad y materia seca de la semilla, para obtener el contenido de material seco que se podría aprovechar para el proceso. Una vez cumplida esta acción se determinan las cenizas mediante un proceso de calcinación de la semilla. Simultáneamente se llevó a cabo el proceso de extracción

de almidón con las muestras previamente tratadas en la Etapa 1, mediante una extracción directa por reflujo.

Al finalizar el tiempo de extracción las muestras fueron retiradas para luego ser licuadas, filtradas, secadas y pulverizadas, para obtener exclusivamente partículas finas del almidón. En la Figura 20, se muestra el proceso en detalle de la etapa.

Figura 20.

Metodología planteada en la etapa 2



Nota. Diagrama de flujo que proporciona la metodología que se seguirá durante el proceso experimental. [48] M. Ortiz, “Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*Mangifera Indica L.*) con aplicación potencial en envases”, Universidad El Bosque, Colombia, 2019. [En Línea]. Disponible: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>

2.1.5. a. Composición química de la semilla.

2.1.5. a.i. Humedad.

Para determinar la humedad contenida en las semillas de mango, se pesaron 3 crisoles por separado. Posteriormente se colocaron en los primeros dos crisoles semilla de la especie Tommy Atkins y el otro crisol contiene semilla de mango de azúcar. En la Figura 21, se representa cada crisol con su respectiva semilla para ser pesados.

Figura 21.

Crisol con la respectiva semilla de cada especie



Nota. Crisol con su respectiva semilla.

Cabe destacar que la humedad contenida en las semillas podría variar en su resultado final debido a que las semillas al ser tratadas en la Etapa 1, se dejaron secar a una temperatura ambiente durante 2 días previos a la experimentación.

Sin embargo, para el secado de la semilla la temperatura no debe exceder los 100°C ya que a estas condiciones podría empezar a descomponerse [39]. Por tal motivo,

se decide trabajar a una temperatura de 70°C durante 3 horas para el secado de las mismas.

Una vez transcurrido 2 horas de secado las muestras fueron pesadas cada 15 minutos para determinar el peso de cada una, hasta lograr un peso constante. Al finalizar el tiempo de secado los crisoles se dejaron en un desecador por 1 hora, para posteriormente ser pesados.

Los valores obtenidos se encuentran en la Tabla 7. A partir de estos valores con la Ecuación 1, se determinó el porcentaje de humedad de cada semilla.

Ecuación 1.

Porcentaje de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100\%$$

Nota. Ecuación que determina el porcentaje de humedad en las semillas de mango. Tomado de: [39] B. Márquez, “CENIZAS Y GRASAS”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, 2014. [En Línea]. Disponible:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso: may.10, 2021]

Donde:

P_i = Peso inicial de la semilla (g)

P_f = Peso final de la semilla (g)

Tabla 7.*Resultados obtenidos pos-secado en las semillas*

	Semillas		
	Especie Tommy	Especie Tommy	Especie mango de azúcar
	1	1	1
Peso del crisol (g)	38.41	35.22	37.82
Peso inicial de la semilla (g)	10.37	7.54	4.36
Peso después del secado (g)	48.27	42.39	42.08
Peso final de la semilla (g)	9.86	7.17	4.26
Contenido de agua eliminada (g)	0.51	0.37	0.1
Porcentaje de humedad (%)	4.91	4.90	2.29

Nota. Resultados obtenidos para la determinación de la humedad en las semillas de mango.

En promedio las semillas de mango de la especie Tommy Atkins tienen un 4.905% de humedad, al compararse con el valor obtenido por la especie mango de azúcar se puede evidenciar que su valor está un 2.61% más bajo. No obstante, al compararse con valores reportados en la Tabla 4, ambos valores experimentales tienen una disminución aproximada del 39.9% de humedad, obtenido por Gómez-Peña, G, [39].

La variación en el porcentaje de humedad está sujeto a factores dependientes como la especie de mango, condiciones de maduración, lugar de procedencia y proceso experimental. Teniendo en cuenta que el 44.8% de humedad obtenida en la investigación de Gómez-Peña, G, [39], la semilla provenía directamente de un proceso de despulpado, seguido de procesos experimentales que determinaron la composición química de la semilla. Para este proyecto por efecto de disponibilidad del laboratorio, ya las semillas habían pasado por secado a temperatura ambiente dando como resultado experimental porcentajes de humedad relativamente bajos.

Con los datos obtenidos anteriormente, se puede evidenciar que la semilla Tommy Atkins al presentar mayor porcentaje de agua se espera que mayor sea el tiempo de secado.

2.1.5. a.ii. Materia seca.

El contenido de material seco, se puede determinar a partir del porcentaje de humedad obtenido anteriormente, en la Tabla 8 se puede evidenciar los respectivos resultados. A partir de la Ecuación 2, se determinó el porcentaje de materia seca en cada semilla.

Ecuación 2.

Porcentaje de materia seca.

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 \% - \text{Humedad} \%$$

Nota. Ecuación que determina el porcentaje de materia seca presente en las semillas de mango. Tomado de: [43] B. Márquez, “CENIZAS Y GRASAS”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, 2014, [En Línea]. Disponible:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso: may.10, 2021]

Tabla 8.

Datos obtenidos para determinar el contenido de materia seca en las semillas

	Semillas		
	Especie Tommy	Especie Tommy	Especie mango de azúcar
	1	1	1
Porcentaje de humedad (%)	4.91	4.90	2.29
Porcentaje de materia seca (%)	95.09	95.1	97.71

Nota. Con los datos obtenidos en la determinación de la humedad, se determinó el contenido de materia seca de las semillas.

En promedio el porcentaje de materia seca de la especie Tommy es respectivamente de 95.095%. Este valor comparado con la especie mango de azúcar, se encuentra un 2.6% por debajo del valor.

No obstante, al compararse con el valor obtenido por Gómez-Peña, G,[39], el valor obtenido en la experimentación está en un incremento del 39.9%, esto se debe a las bajas condiciones de humedad y alto contenido de material orgánico seco. Para este caso la especie Tommy y mango de azúcar son óptimos para el proceso de extracción de almidón debido a su alto contenido de extracto seco.

2.1.5. a.iii. Cenizas.

Para la determinación de las cenizas, se emplea una mufla Thermolyne 48000. Una vez teniendo las semillas completamente secas, estas fueron llevadas a un proceso de calcinación en una mufla a 450°C durante 2 horas.

Las cenizas son fáciles de identificar ya que al calcinar materia seca compuesta por carbohidratos y proteínas, se obtendrá partículas de color gris o blanco como se evidencia en la Figura 22, en algunos casos las cenizas pueden ser de otro color dependiendo de la materia prima que se esté manipulando [47].

Figura 22.

Semillas incineradas, para la determinación de las cenizas



Nota. Cenizas de las semillas de mango.

Las muestras obtenidas se dejaron enfriar en un desecador por 1 hora, para luego ser pesadas. A partir de la Ecuación 3, se determinó el porcentaje de cenizas presentes en las muestras. En la Tabla 9, se presentan los resultados obtenidos de la calcinación de las mismas.

Ecuación 3.

Porcentaje de cenizas

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_c}{P_s} \times 100\%$$

Nota. Ecuación que determina el porcentaje de cenizas en las semillas de mango. D. Hugo, E. Añazco, “Laboratorio de análisis de alimentos”. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2016.

Donde:

P_c = Peso de las cenizas (g).

P_s = Peso de las semillas (g).

Tabla 9.

Datos obtenidos para determinar las cenizas

	Semillas		
	Especie Tommy	Especie Tommy	Especie mango de azúcar
	1	1	1
Peso del crisol (g)	38.41	35.22	37.82
Peso de la semilla (g)	10.37	7.54	4.36
Peso de semillas incineradas (g)	39.5	36.2	38.2

Cenizas (g)	1.09	0.98	0.38
Porcentaje de cenizas (%)	10.51	12.99	8.71
Promedio de cenizas (%)	11.75		8.71

Nota. Resultados obtenidos para la determinación de las cenizas en las semillas de mango.

En promedio las cenizas equivalen al 10.74% de la materia seca calcinada. Al compararse con el valor reportado en la Tabla 4, se evidencia que su valor está en un incremento del 9.34% al valor obtenido por Gómez-Peña, G,[39]. Este resultado se ve reflejado debido a que la especie Tommy y mango de azúcar, tienen una composición diferente, aunque la especie Tommy al tener en mayor proporción compuestos inorgánicos expuestos a altas temperaturas proporcionó mayor incremento de material calcinado.

2.1.5. b. Extracción directa por reflujo.

Una vez realizado el tratamiento de los residuos en la Etapa 1, se usaron 5 muestras para el proceso experimental combinando ambas especies. En la Tabla 10 se muestra respectivamente la conformación residual y peso de cada una de las muestras.

Tabla 10.

Peso y conformación residual de las muestras

Conformación residual	Muestra				
	1	2	3	4	5
Cáscaras (g)	10	20	-	-	100
Semilla (g)	40	80	100	100	-
Total (g)	50	100	100	100	100

Nota. Información del peso y conformación residual de cada una de las muestras.

Una vez hecho el conteo de cada muestra, los residuos fueron sumergidos en una solución con bisulfito de sodio a una concentración de 0.2%. Paralelamente se procedió

a realizar el montaje directo con reflujo como se puede ver en la Figura 23. Para este proceso se propone realizar un montaje en cadena con el objetivo de recircular agua por todos los condensadores, con el fin de evitar un alto consumo de agua.

Figura 23.

Montaje de reflujo para la extracción de almidón



Nota. Montaje de reflujo en cadena para la extracción de almidón de los residuos, en los laboratorios de la Universidad de América.

Para el proceso de calentamiento, las muestras deben estar a una temperatura de 60°C por un periodo de 20 horas [48]. Hay que resaltar que el calentamiento no debe exceder el límite de temperatura permitido ya que a esas condiciones el almidón podría desnaturalizarse y/o descomponerse, afectando en gran manera el porcentaje de extracción al finalizar el proceso.

Una vez el montaje estuvo completamente preparado, se procede a calentar respectivamente las muestras. En un periodo de tiempo de 30 minutos se realizó una medición de la temperatura, con el fin de mantener una temperatura constante a 60°C.

Sin embargo, al cabo de 1 hora de proceso se realizó la respectiva medición de la temperatura en cada muestra, cuyo promedio fue 58.4 °C. En este caso se empezó a regular la temperatura de cada plancha.

Al cumplir con el tiempo requerido, las muestras fueron retiradas del montaje para realizar la medición de la temperatura. Los valores obtenidos de cada muestra fueron de 62, 62, 66, 70 y 76°C respectivamente, en promedio la temperatura obtenida fue de 67.2 °C. El cambio de temperatura se presentó debido a que las planchas generaron una variación de temperatura al momento del calentamiento, la cual se intentó controlar y estabilizar durante el procedimiento.

2.1.5. c. Licuado y filtrado.

Una vez cumplido el tiempo de extracción las muestras son llevadas a un proceso de licuado para obtener una mezcla homogénea.

La mezcla obtenida presenta una contextura grumosa y espesa. Para la filtración del líquido resultante se propuso remover el líquido excedente, mediante un filtro de tela fina (filtro para café) como se puede ver en la Figura 24. Simultáneamente, se realizaron varios lavados con agua destilada con el fin de remover aquellas porciones de solvente que aún se encontraban presentes en la mezcla.

Figura 24.

Filtración de la mezcla obtenida



Nota. Filtración de la pasta resultante, mediante un filtro de tela fina.

2.1.5. d. Secado.

Para el secado de la pasta resultante, se colocaron las muestras en bandejas de aluminio, las cuales fueron llevadas a un horno (ver Figura 25). Este proceso se llevó a cabo a una temperatura de 60°C durante 5 días.

Figura 25.

Secado de la pasta



Nota. Las muestras son colocadas en un horno para ser secadas.

2.1.5. e. Pulverizado.

Al obtener la pasta completamente seca, esta fue pulverizada con ayuda de un mortero, para obtener así harina de almidón (ver Figura 26).

Figura 26.

Pulverización de las muestras.



Nota. Pulverización de cada muestra para obtener harina de almidón.

2.1.6 Etapa 3

2.1.6. a. Prueba de almidón. Para esta parte se verificó que las muestras pulverizadas estuvieran conformadas por almidón usando yodo (I_2) como reactivo indicador.

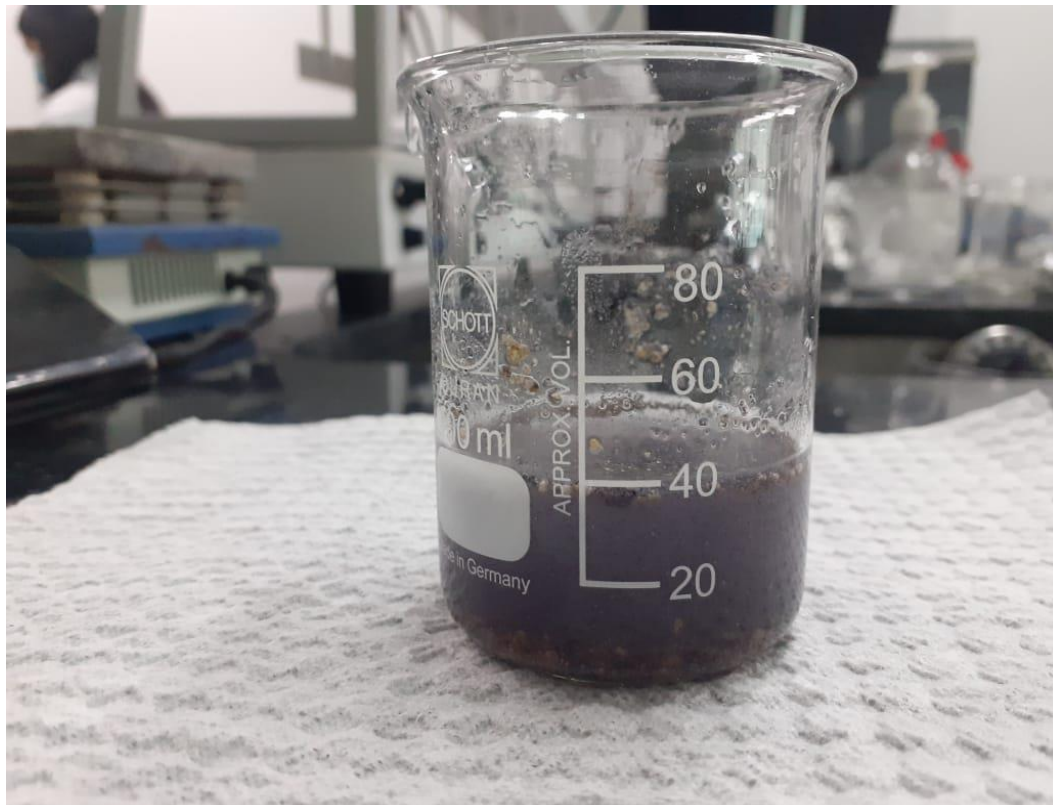
La reacción de almidón con el yodo es considerada un proceso físico y no químico, ya que se supone que el yodo se introduce en la molécula de almidón haciendo que las propiedades de absorción de luz cambien, a su vez permite la formación de coloración azul intensa o violeta en la mezcla [54].

Para el análisis de las muestras se procede a realizar el experimento. Para ello se agregó dos gramos de almidón de cada muestra en 40 mL de agua con 10 gotas de yodo. La agitación de las muestras proporciona mayor contacto del yodo con el almidón formando una coloración violeta como se muestra en la Figura 27, indicando la presencia de almidón.

Con respecto a la muestra 5 fue descartada del proceso, debido a que no se presentó ningún cambio colorimétrico en la muestra. Al no evidenciar el compuesto de interés, la cáscara realmente no presenta contenido de almidón mayor al 5% [55] . Por tal motivo a condiciones bajas de almidón, podría dificultar la formación de una película.

Figura 27.

Coloración de las muestras



Nota. Presencia de almidón en las muestras.

2.1.6. b. Porcentaje de almidón extraído. Una vez se identificó la presencia de almidón, las muestras pulverizadas son pesadas para determinar su masa final. Con la Ecuación 4, se determinó el rendimiento que se obtuvo al finalizar el proceso de extracción.

Ecuación 4.

Porcentaje de extracción de las muestras pulverizadas

$$\text{Porcentaje de extracción} = \frac{Mf}{Mi} \times 100\%$$

Nota. Ecuación que determina el porcentaje de extracción del proceso. Tomado de: [48] M. Ortiz, “Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*Mangifera Indica L.*) con aplicación potencial en envases”, Universidad El Bosque, Colombia, 2019, [En Línea]. Disponible: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106> [Acceso: may.13, 2021]

Donde:

Mf = Masa final de la muestra (g)

Mi = Masa inicial de la muestra (g)

Los datos obtenidos en el pesaje de las muestras se visualizan en la Tabla 11.

Tabla 11.

Pesaje de las muestras pulverizadas

Muestra	Masa Inicial (g)	Peso caja de Petri (g)	Peso de muestra en caja de Petri (g)	Masa final (g)	Porcentaje de extracción (%)
1	50	40.6361	48.4509	7.8148	16
2	100	47.2911	86.6005	39.3094	39.3
3	100	49.0975	100.2205	51.1230	51.1
4	100	46.3508	88.5926	42.2418	42.2

Nota. Datos obtenidos para determinar el porcentaje de extracción de las muestras.

El porcentaje de extracción de almidón obtenido de las muestras fue de 16, 39.3, 51.1, y 42.2% respectivamente. Estos resultados variaron dependiendo de la masa inicial implementada y la temperatura durante la extracción de almidón.

Al comparar los resultados obtenidos por Maulida, T. Kartika, M. Harahap y M. Ginting, [56], en donde se extrajo almidón de semillas de mango provenientes de la india, alcanzaron rendimientos del 43% al 45%, por otro lado los resultados obtenidos por M. Sonthalia [57], alcanzaron rendimientos mucho más altos con un 47% a 59% de almidón. Para este trabajo se alcanzaron rendimientos altos comparados con otras investigaciones, ya que se implementaron nuevas condiciones para el proceso de extracción.

En la investigación reportada por T. Kartika, M. Harahap y M. Ginting, [56], el proceso extractivo se realizó con bisulfito de sodio a una concentración del 0.16% a una temperatura de 50°C durante 24 horas, mientras que para este proyecto las condiciones fueron a una concentración del 0.20% a una temperatura promedio de 67.2 °C durante 20 horas.

Por lo tanto, al analizar las diferencias significativamente altas en el porcentaje de extracción los resultados se vieron reflejados y relacionados directamente con la composición, homogeneidad de las muestras, tiempo de extracción y temperatura de calentamiento. Para este proyecto investigativo el control de la temperatura durante la extracción fue una variable fundamental, debido a que las muestras que tenían cáscara eran susceptibles a un incremento térmico. La alta variación hizo que gran parte del material se compactara en los alrededores del matraz, lo cual generó pérdidas de masa al momento de la sustracción.

2.1.6. c. Contenido de amilosa y amilopectina. Como se mencionaba en el primer capítulo, el almidón está compuesto por dos polímeros, amilosa y amilopectina. El contenido de ambos polímeros es de gran importancia ya que estos determinarán la calidad de la película biodegradable, además de influir directamente con las propiedades mecánicas, biodegradabilidad del material, entre otras.

Para determinar el contenido de estos dos polímeros en las muestras, se determinó respectivamente con las ecuaciones 5 y 6.

Ecuación 5.

Porcentaje de amilosa

$$\% \text{ Amilosa} = 3,06 \times \text{Abs} \times 20$$

Nota. Ecuación que determina el porcentaje de amilosa en la muestra. Tomado de: [48] M. Ortiz, “*Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (Mangifera Indica L.) con aplicación potencial en envases*”, Universidad El Bosque, Colombia, 2019, [En Línea]. Disponible: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106> [Acceso: may.13, 2021]

Ecuación 6.

Porcentaje de amilopectina

$$\% \text{ Amilopectina} = 100\% - \text{Amilosa } \%$$

Nota. Ecuación que determina el porcentaje de amilopectina en la muestra. Tomado de: [48] M. Ortiz, “*Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (Mangifera Indica L.) con aplicación potencial en envases*”, Universidad El Bosque, Colombia, 2019, [En Línea]. Disponible: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106> [Acceso: may.13, 2021]

Para llevar a cabo este proceso, se pesó 1 g de almidón pulverizado y se le agregó 1 mL de ácido acético al 99% y 2 mL de solución de yodo en una celda. La celda es colocada en el espectrofotómetro a un rango de longitud de 400 a 800 nm. No obstante se desea conocer específicamente el valor de absorbancia a 620 nm, a esta longitud se desea identificar la cantidad de luz absorbida por la amilosa. Los resultados obtenidos se evidencian en la Tabla 12 [48] .

En este caso se usará un espectrofotómetro Genesys 30, debido a su precisión y funcionalidad. Los resultados obtenidos se pueden obtener tabulados de manera digital en el Anexo 1 [58].

Tabla 12.

Absorbancia en las muestras pulverizadas

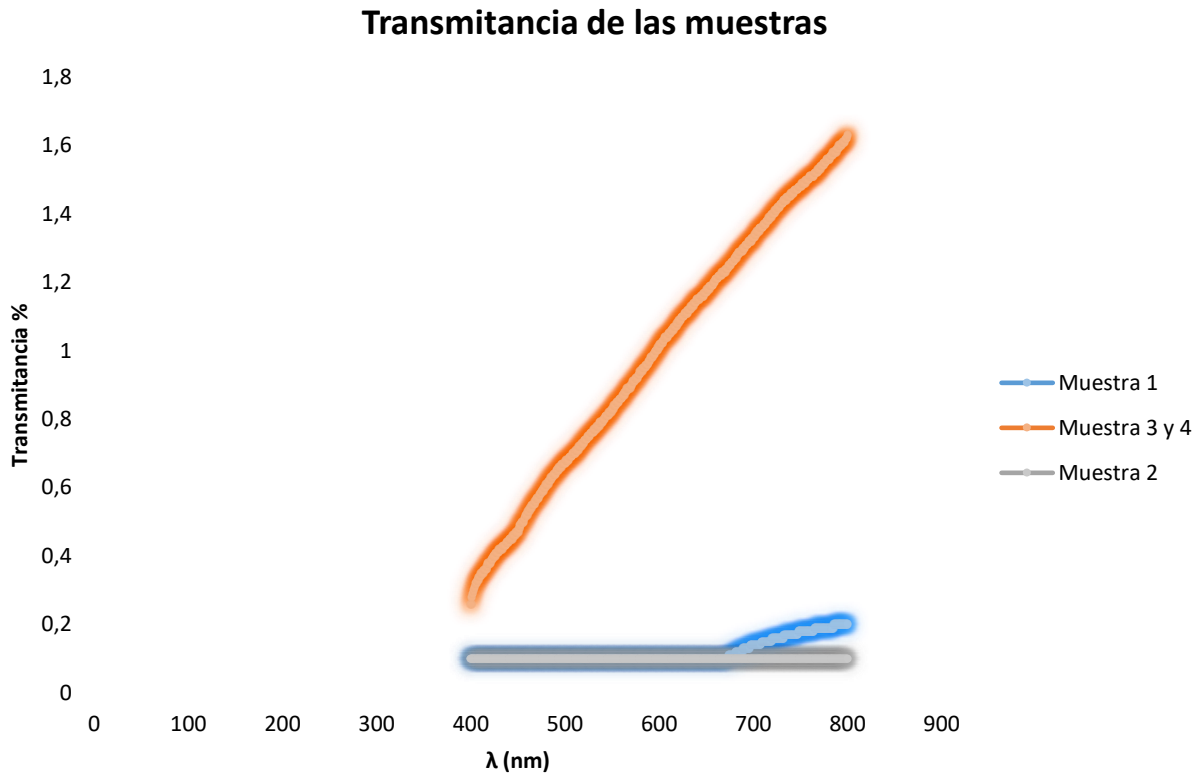
Muestra	Absorbancia (Abs)
1	3
2	3
3	1.966
4	1.966

Nota. Espectrofotometría de las muestras, tomadas a partir de un espectrofotómetro Genesys 30 en el laboratorio de la Universidad de América.

Los resultados que se muestran en la tabla anterior, se evidencian las absorbancias obtenidas a 620 nm. En la Figura 28 se muestra la relación de la transmitancia a medida que aumenta la longitud de onda (λ).

Figura 28.

Curva de transmitancia de cada una de las muestras



Nota. Curvas de porcentaje de transmitancia por longitud de onda en cada una de las muestras. Línea naranja muestra con semilla, línea azul y gris muestra con semilla y cáscara.

Para el análisis de la absorbancia en cada una de las muestras, se tuvo en cuenta varios factores que influyeron en el proceso de medición. Como se pudo evidenciar en la Tabla 12, las muestras 1 y 2 obtienen absorbancias altas comparadas con las muestras 3 y 4.

Haciendo énfasis en las muestras 1 y 2, estas presentaron más opacidad al momento de realizar la medición, ya que estas presentaban cáscara como parte residual. La composición biológica de la cáscara al ser muy sensible al yodo y a los rayos de luz ultravioleta ocasionó que algunos pigmentos se liberaran al interior de la celda, generando que la mezcla se opacara aún más. De esta manera, dificultó el paso de luz a través de la muestra afectando el resultado final de la medición.

En cuanto a las muestras 3 y 4 la absorbancia fue mucho más baja, en la Figura 28, se evidencia que la transmitancia de luz fue mucho mejor comparadas con las otras dos muestras. En este caso la longitud de onda con respecto a la transmitancia, al ser directamente proporcionales aumentarán según su proporción.

Aunque cabe resaltar, que los datos obtenidos por M. Ortiz, [48], la absorbancia se encontraba en un intervalo de 0.2 y 0.25 a una longitud de onda de 620 nm. Estos resultados provienen de un proceso de solución del almidón.

Al compararse con los valores obtenidos en la Tabla 12, los valores de absorbancia son superiores al rango establecido por M. Ortiz [48], debido a que la celda al presentar una alta concentración alteró de manera significativa el resultado de absorbancia. Para esta investigación no se tuvo en cuenta esta dilución ya que al obtener amilopectina superior al 70% comenzaría a solubilizarse, afectando estructuralmente la conformación del almidón y a su vez la precisión en el resultado final.

Ahora bien, con la Ecuación 5 y 6 se determinó respectivamente el contenido de amilosa y amilopectina de cada muestra, aunque para las ecuaciones el mínimo rango de trabajo es de 0.1 y el máximo es de 1.5 de absorbancia [48]. Para ello se propuso hacer una normalización de la absorbancia con la Ecuación 7 [59].

Ecuación 7.

Factor de normalización para la absorbancia

$$Absn = Absl \times \frac{Mac}{Apt}$$

Nota. Ecuación para normalización de la absorbancia correspondiente a 1 cm de paso de luz. Tomado de: C. Duymovich, R. Acheme, S. Sesini, “*Espectrofotómetros y Fotocolorímetros*”, Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, 2005. [En Línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/535/53539414.pdf> [Acceso: may.17, 2021]

Donde:

Absn = Absorbancia normalizada.

Absl = Absorbancia leída.

Mac = Masa de almidón en la celda (g)

Apt = Almidón pulverizado total de la muestra (g)

Los valores de normalización se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13.

Normalización de la absorbancia en cada una de las muestras

Muestra	Absorbancia corregida	Amilosa (%)	Aproximación (%)	Amilopectina (%)	Aproximación (%)
1	0.3838	23.49	23.5	76.50	76.5
2	0.0763	4.67	4.7	95.38	95.4
3	0.0384	2.35	2.35	97.9	98
4	0.0465	2.848	2.85	97.16	97.2

Nota. Contenidos de amilosa y amilopectina en las muestras pulverizadas.

Los resultados obtenidos para cada muestra, se encuentran en un rango del 2% a un 23.5% en contenido de amilosa y el restante equivalente al 76% hasta el 97.65% de amilopectina. En este caso al obtener amilopectina superior al 70%, las características, propiedades mecánicas, físicas y químicas tenderá a influir en la formación de un biopolímero.

Debido a condiciones de pandemia y disponibilidad de los laboratorios de la Universidad de América, no fue posible replicar este procedimiento para rectificar, corregir y comparar los resultados obtenidos en la experimentación.

Finalmente, una vez obtenido el almidón extraído del proceso, se realizará la formación del biopolímero, la cual será expuesta en el próximo capítulo.

3. PRODUCCIÓN DEL BIOPOLÍMERO UTILIZANDO EL ALMIDÓN EXTRAÍDO DE LOS RESIDUOS DE MANGO

En este capítulo se describe el proceso para llevar a cabo la transformación del almidón pulverizado para la formación de un biopolímero “película biodegradable”.

Basado en fuentes bibliográficas, se expondrán aquellas características, propiedades y condiciones de degradabilidad que tiene el biopolímero a base de almidón. Finalmente, se enuncian los posibles usos industriales que se le podría dar a este material.

3.1 Formación de la película

Para la formación de una película a base de almidón hay que tener en cuenta 2 factores que pueden influir en su estructura; un factor es la relación de amilosa y amilopectina, ya que estos dos componentes determinan la transparencia y degradabilidad de la película. Por otro lado, en la etapa de gelatinización el uso de un agente plastificante permite mejorar las propiedades físicas y mecánicas (resistencia y elasticidad). Además los plastificantes tienen como propiedad aumentar la viscosidad y humectar la película; los más implementados para el proceso son la glicerina, sorbitol, y alcohol polivinílico [24].

Para el proceso de gelatinización se decide plastificar el almidón con glicerina, ya que estructuralmente cuenta con grupos funcionales como los hidroxilos (OH), que le permiten presentar gran afinidad para solubilizarse en agua. Este componente reduce significativamente la resistencia a la tracción de la película, aunque para contenidos superiores al 25% de almidón la película tendrá mayor elasticidad y resistencia a la tracción [60]. La glicerina debido a sus propiedades viscoelásticas, presenta gran afinidad con material de origen orgánico, además de ser accesible y económico en el mercado.

3.1.1 Relación de amilosa-amilopectina

Cuando es llevado a cabo el proceso de calentamiento con glicerina la mezcla tenderá a presentar exceso de agua en la mezcla, lo cual genera cambios físicos y químicos en la molécula de almidón. Una vez se llega a la temperatura de gelatinizado

los gránulos de almidón al estar completamente hinchados, proporcionará una expansión de volumen en la muestra, aunque esa expansión provocará que una fracción de amilopectina comience a degradarse por el incremento térmico. A medida que una porción de amilopectina se degrade una fracción de amilosa es liberada para ocupar ese volumen, solo que en este caso la amilosa tenderá a precipitarse.

Al obtener en la experimentación una menor proporción de amilosa en las muestras, la gelatinización ocurre mucho más rápido, ya que la enzima α -amilasa permite con mayor facilidad la absorción de agua por el almidón, para llevar a cabo su proceso de transformación a moléculas de glucosa [61].

3.1.2 Gelatinización

La gelatinización es un proceso por el cual las moléculas de almidón por efecto del calor producen hinchamiento granular en su estructura. Como se mencionó anteriormente el agente que se utiliza para este proceso es la glicerina.

Para el proceso se agregó en unos vasos de precipitado de 200 mL, almidón, glicerina y agua, como se puede observar en la Tabla 14. La mezcla fue agitada con una varilla de vidrio, para homogeneizar la mezcla. Posteriormente, cada muestra es llevada a una plancha de calentamiento con agitación magnética a una temperatura de 100°C a 600 rpm.

Tabla 14.

Composición de las muestras para el proceso de gelatinizado

Muestra	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Agua (mL)
1	6.077	8	75
2	10.032	15	75
3	8.027	9	75
4	8.425	9	75

Nota. Composición muestral para el proceso de gelatinizado.

A medida que la temperatura de calentamiento incrementa, se evidencia que una parte del agua es captada directamente por el almidón y otra parte es evaporada. Una vez superado los 90°C, los gránulos de almidón al estar hinchados y mezclados con glicerina se presentó una estructura coloidal (gel), en donde los gránulos alcanzaron un volumen máximo.

Una vez formado el gel, la mezcla se dejó calentar por otros 15 minutos hasta alcanzar la temperatura de 100°C, para formar una mezcla mucho más viscosa y plástica. En este caso se dice que el almidón alcanzó su proceso de gelatinizado.

3.1.3 Secado

Una vez alcanzada la gelatinización del almidón las muestras fueron retiradas de los vasos de precipitado, para luego ser vertidas en moldes de aluminio. Cabe destacar que dicho proceso debe hacerse con agilidad y lo más rápido posible, ya que el enfriamiento causaría endurecimiento y compactación de la mezcla en los alrededores del vaso, dificultando así la sustracción de la misma.

Finalmente las muestras ya vertidas en los moldes son llevadas a un horno de marca binder a una temperatura de 65°C por un tiempo de 48 horas. Al cumplir el tiempo de secado, en la Figura 29 se evidencia la formación de la película respecto a cada muestra.

Figura 29.

Películas obtenidas del proceso de gelatinizado



Nota. Películas obtenidas a partir de almidón extraído de los residuos de mango.

Las películas obtenidas, presentaron una textura suave, lisa y viscosa, cuya coloración es amarilla oscura a excepción de la muestra 2, esto se debe a que la presencia de cáscara como parte residual en el proceso de extracción, generó el desprendimiento de algunos pigmentos los cuales generaron opacidad en la película.

Ahora bien, como se puede evidenciar en la Figura 27, la muestra 2 presentó una mezcla coloidal tipo gel, esto se debió a que el proceso de calentamiento no fue lo suficiente para llegar a la gelatinización del almidón.

Basado en fuentes bibliográficas, a continuación se expondrán aquellas propiedades y características que constan una película biodegradable a base de almidón.

3.2 Propiedades físicas de la película

Las películas poseen características y requerimientos funcionales que determinan la calidad de esta. Estos requerimientos están divididos en tres aspectos: las películas que poseen barreras selectivas contra la transmisión de gases, vapores y solutos; el segundo aspecto va relacionado a las propiedades sensoriales como la transparencia, inodoros e insípidos, por último, se tiene los que presentan propiedades mecánicas como manejabilidad, tensión y elasticidad [62].

Cabe destacar que las propiedades funcionales del material dependen respectivamente del contenido de agua almacenada y la humedad del medio circundante. Entre ellas las más destacadas son: propiedades de transferencia y propiedades mecánicas.

3.2.1 Propiedades de transferencia

Una de las funciones principales de una película es adaptar o acoplar el material a una necesidad específica, ya sea conservar, almacenar o proteger un producto de interés del medio ambiente.

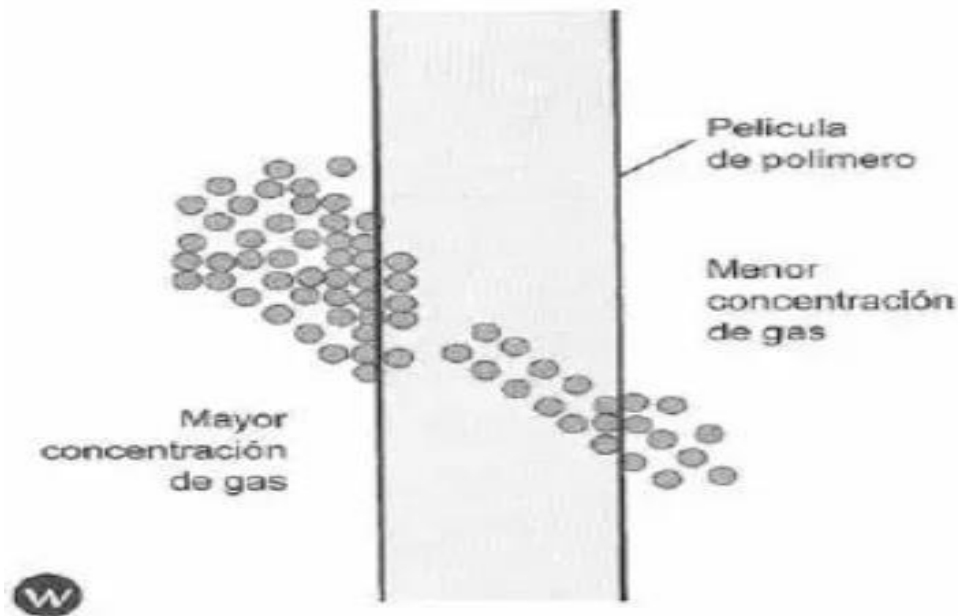
La permeabilidad al vapor de agua (PVA) es una propiedad fundamental que indica la capacidad de un material para controlar el transporte de agua a través de esta. En el caso del almidón al tener en mayor proporción amilopectina, la capacidad de absorción de agua en su membrana es mucho más alta, lo que significa que las moléculas de agua se enlazan en sitios hidrofílicos específicos ocasionando que la molécula se comience a separar. Estos sitios están comprendidos por grupos funcionales como los grupos carboxilo e hidroxilo [63].

Para materiales biopoliméricos a base de almidón se describen una serie de etapas las cuales permiten que las moléculas de gas y líquidos atraviesen respectivamente la membrana. Como se puede evidenciar en la Figura 30, hay tres etapas que muestran el paso de dichas moléculas; en la primera etapa las moléculas de gas o líquido se disuelven en el material por la cara que está en contacto directo con el medio ambiente. En la segunda etapa, las moléculas atraviesan la membrana hacia la cara opuesta de la película, el movimiento molecular depende del espacio que hay entre

ellas. En la última etapa, incluye la desorción de las moléculas causando rompimiento en la estructura del material [64].

Figura 30.

Transferencia de masa de un gas a través de un material biopolimérico



Nota. Transferencia de las moléculas a través del material biopolimérico. Tomado de: R. Singh, D. Heldman, *Introducción a la ingeniería de los alimentos*, 3^a.Ed. USA: Acribia, S.A. 2009, pp. 435, [En Línea]. Disponible: https://www.academia.edu/19037127/Introduccionalaingenieriadelosalimentos_150720195315_lva1_app6891 [Acceso: may.20, 2021]

3.2.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de las películas biodegradables varían con respecto al tipo de materia prima y proceso que se haya usado para la formación de la película, especialmente su cohesión estructural. La cohesión hace referencia a los numerosos fuertes enlaces de la cadena polimérica, lo cual dificulta su separación [63].

Al usar materia prima de origen vegetal es importante conocer la composición química y física, de tal manera que el material pueda ser utilizado en las pruebas de ensayo. Hay que destacar que estas pruebas podrían comprometer la integridad física de sí mismo [8].

No obstante las pruebas de ensayos para este proyecto no fueron realizadas, ya que la película presentaba mucho quebramiento además de carecer de propiedades como resistencia, flexibilidad y dureza para este tipo de ensayos. Ahora bien, los biopolímeros a base de almidón requieren más de 1 hora para su elaboración, pero a su vez debido a tener bajas propiedades mecánicas necesitan mezclarse con otro tipo de polímeros como el poliéster o polietileno que le permitan mejorar dichas propiedades [65].

3.3 Degradabilidad

La degradación en películas a base de almidón es un proceso por el cual el material comienza a experimentar cambios en su estructura física y química de manera simultánea.

En cuanto a la velocidad de degradación del biopolímero se deben tener en cuenta varios factores que puedan contribuir o afectar su proceso de descomposición, las propiedades mecánicas son una de ellas. A continuación, se expondrán las diferentes vías de degradación de una película biodegradable a base de almidón.

3.3.1 Degradación térmica

Es el proceso por el cual la película estará expuesta a temperaturas extremadamente altas, en la cual comenzará a sufrir cambios físicos en su estructura molecular. Normalmente esta degradación se basa en la ruptura de cadenas moleculares o de grupos funcionales más expuestos a elevados niveles de temperatura. La descomposición del material se puede producir en presencia de oxígeno (termooxidación) o en ausencia del mismo (pirólisis) [66].

Para esta degradación existen dos mecanismos. El primero es un proceso reversible, donde el material al incrementar la temperatura comienza a eliminar grupos funcionales de bajo peso molecular, sin embargo si la temperatura no se mantiene, la estructura al enfriarse se volverá a compactar. El segundo mecanismo describe un proceso irreversible, donde la temperatura por encima de la transición vítrea hace que la interacción molecular aumente favoreciendo así su rápida degradación [67].

3.3.2 Degradación oxidativa

Es el proceso por el cual el biopolímero es atacado por oxígeno liberando radicales libres en el material, dando lugar a reacciones de degradación secundarias.

En este tipo el tiempo de exposición en el ambiente es un factor clave para la degradación, ya que el oxígeno se centrará en el rompimiento de las cadenas carbonadas con el fin de formar peróxidos [67]. Estos peróxidos se encuentran de forma natural en el ambiente.

3.3.3 Degradación hidrolítica

Este tipo de degradación, se presenta cuando el biopolímero entra en contacto directo con el agua, en este caso el agua es capaz de penetrar la matriz polimérica provocando el rompimiento de los puentes de H. Al ocurrir los procesos de hidrólisis los grupos funcionales se van rompiendo de la cadena principal, haciendo de ella una molécula de menor peso molecular.

Si el biopolímero cuenta con grupos funcionales como: grupos hidroxilo, ésteres, amidas y carbonatos la degradación será mucho más rápida, debido a la sensibilidad y afinidad que tienen con el agua. Además hay que tener en cuenta, si la película posee agentes básicos y plastificantes, incrementará de manera significativa la velocidad de hidrólisis en el biopolímero [68].

3.3.4 Fotodegradación

La fotodegradación describe los cambios físicos y químicos que sufre el biopolímero, tras ser irradiado por la luz solar. La energía de esta radiación va de 72 a 100 Kcal, lo suficiente para romper enlaces covalentes hasta causar fragilidad y rompimiento de polímeros orgánicos. Los factores que influyen en este tipo de degradación son aquellos biopolímeros que presentan estructuralmente grupos carbonilos, catalizadores, propiedades del material y cristalinidad. La exposición del material a la radiación, ocasiona cambios físicos como la coloración y quebramiento en su superficie [69].

3.3.5 Biodegradación

La biodegradación es una de las vías más prometedoras para la eliminación del biopolímero. Estos mecanismos pueden darse en condiciones aerobias (con oxígeno) o en condiciones anaerobias (sin oxígeno), en donde algunos microorganismos como bacterias y hongos tienen como función consumir el sustrato del material para formar sustancias más sencillas como dióxido de carbono (CO₂), agua y biomasa [70].

Estas sustancias funcionan como fuentes de carbono y nutrientes los cuales pueden ser captados por el suelo, con el fin de fertilizar la tierra y mejorar las condiciones de crecimiento en las plantas.

3.4 Aplicaciones de polímeros biodegradables

En los últimos años se ha incentivado el aporte de materiales amigables con el medio ambiente, ya que su proceso de descomposición no genera residuos ni contaminantes ambientales. Además, su implementación podría mitigar la expansión de plásticos convencionales.

A continuación, se expondrán las posibles aplicaciones de biopolímeros derivados del almidón en las industrias.

3.4.1 Almidón empleado en la fabricación de envases

Una de las aplicaciones más prometedoras es la fabricación de envases para almacenar cierto tipo de alimentos. En la actualidad los polímeros de origen tradicional como el polietileno o el poliestireno, generan grandes contaminantes y residuos los cuales se almacenan en los rellenos sanitarios. La acumulación de estos origina un impacto ambiental muy alto.

No obstante, la sustitución de estos polímeros puede ser productos derivados del almidón, ácido poliláctico y los polihidroxialcanoatos para el uso aplicativo en la industria de alimentos.

La fabricación de embalajes basado en almidón se pueden procesar de manera sencilla por extrusión, con la cual su obtención es mucho más económica comparada con otro tipo d biopolímero. Uno de los objetos más conocidos basados en almidón, son

las bolsas plásticas degradables como se puede evidenciar en la Figura 31, donde comúnmente se pueden encontrar en algunos supermercados. Aunque este aplicativo a base de almidón al entrar en contacto con la humedad, este comenzaría a degradarse y por ende podría alterar la composición del alimento. Para ello se ha empleado la mezcla de almidón con otros compuestos resistentes como nanocomposites de almidón y arcilla, cuyo objetivo es ofrecer buena resistencia mecánica, protección y conservación del alimento [71].

Por otro lado, hay la posibilidad de que el almidón al ser un material esponjoso funcione como absorbente de agua, reemplazando el uso tradicional de espumas de poliestireno como material de embalaje [72].

Figura 31.

Bolsas biodegradables



Nota. Bolsas biodegradables implementadas en algunos supermercados. Tomado de: “*La famosa bolsa biodegradable que se puede beber no sirve para nada*” [En Línea]. Disponible: <https://www.directoalpaladar.com/otros/la-famosa-bolsa-biodegradable-que-se-puede-beber-no-sirve-para-nada> [Acceso: may.26, 2021]

3.4.2 Almidón empleado en la industria alimentaria

El almidón es sin duda el polímero natural más usado en la industria alimentaria ya que puede emplearse como agente estabilizante, emulsificante y espesante de sopas, salsa o productos de panadería [73].

Sus propiedades como estabilizante o espesante se debe a que el almidón al estar en presencia de calor genera que los gránulos de almidón se hinchen aumentando así su volumen, además garantiza mayores nutrientes y mezclas más espesas. Por otro lado, se emplea en la fabricación de películas comestibles incoloras e inodoras ya que su permeabilidad al oxígeno es muy baja, por lo que brinda protección a los alimentos otorgando una mayor vida útil [71].

4. DISEÑO DEL PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DEL BIOPOLÍMERO A ESCALA PLANTA PILOTO

En esta sección, se realizará una propuesta de planta piloto para la producción de un material biopolimérico a partir de almidón extraído en los residuos de mango.

Teniendo en cuenta los resultados en la parte experimental presentados anteriormente, el único residuo que se tendrá en cuenta para el proceso será las semillas de mango. Para ello se presentará una breve descripción del proceso, mencionando el equipo que mejor se ajusta en cada etapa. Finalmente se presentarán los costos de la materia prima, equipos, nómina y servicios públicos.

4.1 Descripción del proceso

Para iniciar el proceso se tuvo en cuenta la disponibilidad y compatibilidad de cada uno de los equipos que se va a seleccionar para el respectivo proceso, destacando que estos cumplan con las especificaciones que se van a plantear.

Para el proceso se tomó una base de cálculo de 30 kilogramos, los cuales serán procesados para la síntesis de un biopolímero. El endocarpio será almacenado en un cuarto de refrigeración a 10°C, con el fin de preservar o conservar la materia prima. La refrigeración permite mantener las propiedades físicas (textura) y químicas (proteínas, almidón, grasas y fibra) [74].

A continuación el endocarpio pasará por un proceso de lavado con agua a temperatura ambiente, en donde se busca remover aquellos remanentes de pulpa que aún se encuentran adheridos en la superficie del endocarpio, este proceso se lleva a cabo a partir de una cuba de turbulencia laminada.

Posterior al proceso de lavado, el endocarpio es llevado a un horno para su secado, donde se desea remover el 16% de humedad contenida en su interior. Al tener el endocarpio seco se procede a fracturarlo para la extracción de la semilla de mango, para este caso se tuvo en cuenta una disminución del 3% de material, debido a la pérdida de material que pueda dar en la picadora industrial. En este caso el endocarpio equivale al 30% del peso total, lo restante equivale respectivamente a la semilla de mango [75]. Para la separación de ambos se da mediante un separador neumático con inyección de

aire, con el objetivo de separar las partículas más livianas (endocarpio) de las más pesadas (semillas) por efecto de densidad [76].

Luego se procede a realizar una solución de ácido cítrico en relación 1:10, es decir que por cada kilogramo de semilla que se va a procesar se debe agregar 10 L de solución. Esta mezcla tiene como objetivo eliminar agentes patógenos y microorganismos que puedan afectar el procesamiento de la materia prima, sin embargo, el tiempo de exposición no debe exceder los 5 minutos ya que de lo contrario se podrían generar cambios químicos en la composición de la semilla [52].

Al cumplir el tiempo de exposición, las semillas pasan por un proceso de secado con el fin de eliminar el 100 % de humedad adquirida en el proceso de solución, para ello las semillas son colocadas en bandejas en un horno secador a 70°C durante 7 horas.

Una vez completo el proceso de secado, se procede a realizar una reducción de tamaño a partir de un molino de martillo, con el fin de obtener partículas finas. La molienda se hace con el propósito de que las partículas tengan mayor contacto directo con el solvente. Para ello se propone una disminución del 1% de material debido a la pérdida del material que se pueda generar en el equipo [53].

A continuación, las partículas finas (harina) son mezcladas en solución de bisulfito de sodio para llevar a cabo el proceso de extracción asistido por microondas. En este caso se propone usar este equipo, pues en este proceso no se han implementado nuevas tecnologías, además que bibliográficamente no se encuentra un equipo que se pueda ajustar a esta condición de extracción [77]. El equipo consta de una carga máxima de 100 L, para ello se establece una relación 1:4 de solución, es decir que por cada kilogramo de semilla se adiciona 4 L de solución de bisulfito de sodio. El proceso se realizará en un periodo estimado de 9 horas a una temperatura constante de 65°C.

Una vez cumplido el tiempo de extracción la mezcla es removida del equipo. Esta mezcla es llevada a un proceso de licuado para obtener una mezcla homogénea, en este caso se propone una disminución del 1%, ya que cierta parte de la muestra tenderá a compactarse en los alrededores del equipo, luego la mezcla pasará por un proceso de

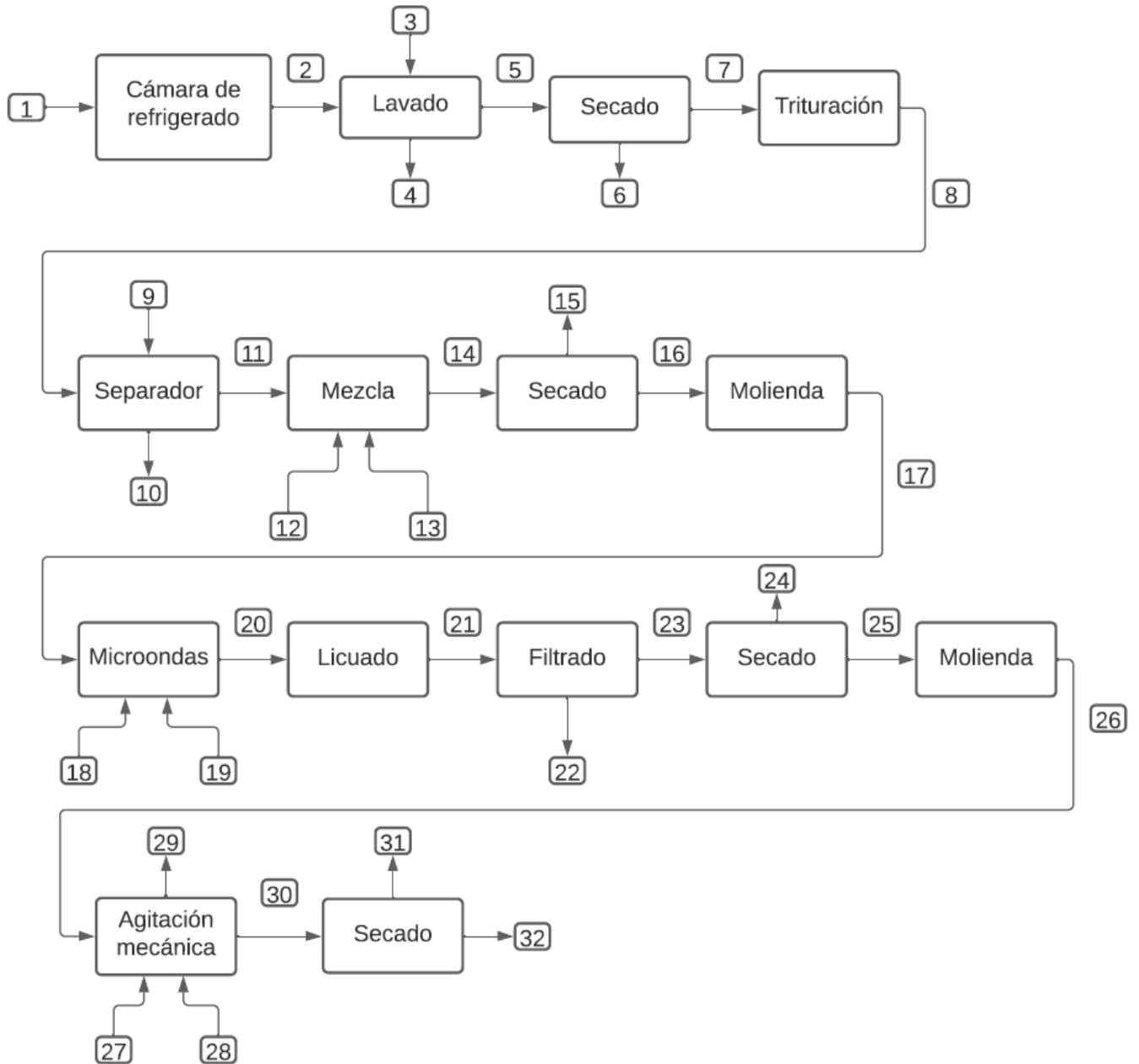
filtrado. El líquido es removido de la pasta de almidón como residuo, y la pasta de almidón se llevará directamente al horno secador a 80°C durante 2 horas.

Al tener la pasta de almidón libre de humedad, esta es llevada a un proceso de pulverizado mediante un molino de martillo, nuevamente se propuso una disminución del 1% del material. Una vez la pasta es pulverizada, se procede a llevar a un tanque de agitación mecánica en donde ocurrirá la etapa de gelatinizado del almidón con agua y glicerina durante 2 horas a 100°C. Una vez obtenida una mezcla viscosa la muestra es vertida en moldes de silicona para el proceso de secado a 60°C durante 24 horas. Al cumplir el tiempo de secado, se obtiene como tal un material biopolimérico.

A continuación, en la Figura 32 se evidencia el diagrama de bloques, el cual expone las respectivas entradas y salidas del proceso, el diagrama PFD (Anexo 2), representa esquemáticamente lo anteriormente mencionado. En la Tabla 15, se especifica respectivamente cada una de las corrientes.

Figura 32.

Diagrama de bloques para la producción de un biopolímero a partir del almidón de la semilla de mango



Nota. Diagrama de bloques para la producción de un biopolímero, a partir de la extracción de almidón de la semilla de mango.

Tabla 15.*Descripción de las corrientes de entrada y salida*

Corriente	Descripción	Corriente	Descripción
1	Alimentación endocarpio + impurezas	17	Semilla molida
2	Salida de Endocarpio refrigerado	18	Alimentación de agua
3	Alimentación de agua fría	19	Alimentación bisulfito de sodio
4	Salida de agua + impurezas	20	Mezcla semilla molida + solución de bisulfito de sodio
5	Alimentación endocarpio + trazas de agua	21	Mezcla homogénea
6	Salida vapor de agua	22	Salida de líquido residual
7	Endocarpio libre de humedad	23	Pasta de almidón
8	Trituración del endocarpio	24	Vapor de agua
9	Alimentación flujo de aire	25	Almidón libre de humedad
10	Partículas residuales	26	Almidón pulverizado
11	Semilla	27	Alimentación de agua
12	Alimentación de agua	28	Alimentación de glicerina líquida
13	Alimentación de ácido cítrico	29	Salida vapor de agua
14	Semilla + solución de ácido cítrico	30	Almidón gelatinizado
15	Salida de residuos de la solución	31	Salida vapor de agua
16	Semilla libre de humedad	32	Salida del biopolímero

Nota. Descripción de cada corriente para la producción de un biopolímero a partir de almidón extraído de semilla de mango.

4.2 Selección de equipos

En esta sección se presentarán aquellos equipos con los que se podrían trabajar durante el proceso, esto debido a que los mismos cumplen con aquellos requerimientos específicos para cada proceso.

4.2.1 Cámara de refrigeración para almacenamiento de materia prima

Las cámaras frigoríficas, son compartimentos o instalaciones donde los productos perecederos se pueden almacenar con el fin de conservar dichos productos [78].

Es por ello que esta instalación permite preservar y conservar las propiedades físicas y químicas de los residuos de mango, además de evitar contaminación y propagación de microorganismos, que puedan comprometer la integridad de la materia prima. En la Figura 33, se evidencia el compartimento para almacenar la materia prima.

Figura 33.

Cuarto de refrigeración



Nota. Cuarto de refrigeración para la conservación de los residuos de mango. Tomado de: “*Cuarto para refrigeración o congelación*”, [En Línea]. Disponible: http://www.espaciosrefrigerados.com/cuarto_frio_3_x_6/

4.2.2 Cuba de turbulencia laminada

Para el proceso de lavado se dará uso a una cuba de turbulencia laminada de acero inoxidable 18/10, implementando agua a temperatura ambiente como recurso. Este equipo cuenta con una capacidad de 200 L para el tratamiento [79].

Para el proceso de lavado, los endocarpios de mango presentan mayor contaminación y remanentes de la pulpa adheridas en su superficie. En este proceso, se lleva el endocarpio al tanque de almacenado como se observa en la Figura 34. La velocidad de agitación de las aspas en su interior opera a 500 rpm, en donde la materia prima estará continuamente en rotación espiral [80].

Este movimiento tendrá una duración de 30 minutos para la limpieza del endocarpio. Cabe resaltar que la limpieza de las mismas permite que la semilla no se contamine, además de facilitar su extracción.

Figura 34.

Cuba de turbulencia laminada



Nota. Cuba de turbulencia laminada de acero inoxidable 18/10 para el proceso de limpieza de las pepas de mango. Tomado de: “Lavaverduras 235lt HEVOL3”, [En Línea]. Disponible: <https://www.horequipamerica.com/lavadoras-de-frutas-y-verduras/2474-lavaverduras-235lt-hevol3.html>

4.2.3 Picadora de pasto industrial

La fracturación del endocarpio se realizará mediante una picadora de pasto ES-500 como se puede evidenciar en la Figura 35. Estos cuentan con una velocidad de volante de 180 rpm y una capacidad de operación de 30 kg [81].

Para llevar a cabo este proceso es necesario graduar la picadora de pasto industrial con el fin de romper exclusivamente el endocarpio, para así extraer con mayor facilidad la semilla de mango [76].

Figura 35.

Picadora de pasto industrial



Nota. Picadora de pasto industrial, usado para la fracturación de la pepa de mango. Tomado de: “Picadora de Pasto y de productos industriales ES-500”, [En Línea]. Disponible: <https://www.torotractor.com/product/EF-MGE-PS0000559>

4.2.4 Separador neumático

Una vez hecha la fractura de todos los endocarpios, se procede a hacer la extracción de las semillas mediante un separador neumático como se evidencia en la Figura 36, usando inyección uniforme de aire. Este equipo tiene una capacidad de

operación de 40 kg de procesamiento, en donde la materia prima es colocada en una tolva para llevar a cabo la separación de partículas más ligeras de las más pesadas [82].

Para el proceso de separación del endocarpio, es necesario tener en cuenta la cantidad de materia que se va a procesar para graduar de manera uniforme el flujo de aire. Las semillas obtenidas, tendrán en promedio de 4 a 25 cm de largo y 1.5 a 10 cm de grosor los cuales se almacenan en un compartimento al fondo del equipo [83].

Figura 36.

Separador neumático



Nota. Separador neumático para la obtención de las semillas de mango. Tomado de: “*Separador neumático*”, [En Línea]. Disponible:

<https://taninos.tripod.com/SeparadorNeumatico.htm>

4.2.5 Mezclador bicónico

Para el proceso de mezclado, se usará un mezclador bicónico de acero inoxidable cuya capacidad es de 350 L. Este equipo está formado por dos conos unidos por sus

bases a través de una sección cilíndrica como se puede evidenciar en la Figura 37, donde su eje de rotación es perpendicular al eje de los conos. Este mezclador está diseñado exclusivamente para materiales con peligro de rotura y su tiempo de operación está entre 5 a 10 minutos [84].

Para el mezclado se realizará una solución de ácido cítrico con las semillas. En esta parte el propósito es mantener las propiedades físicas y químicas de la materia prima, removiendo la presencia de microorganismos que puedan afectar su composición.

Figura 37.

Mezclador bicónico.



Nota. Mezclador bicónico implementado para la desinfección de las semillas de mango. Tomado de: “MBC Mezclador Tipo Bicónico”, [En Línea]. Disponible: <https://www.inoxpa.co/productos/equipos/equipos-de-mezcla/mezclador-tipo-biconico-mbc>

4.2.6 Secador

En las etapas de secado durante el proceso se usará un horno DM-2, el cual se puede evidenciar en la Figura 38. Este equipo es comercializado por la empresa Canmax cuya capacidad es 1.5 m³ alcanzando una temperatura máxima de 90°C. Este equipo utiliza aire caliente para que el ventilador haga que el calor circule por todo el equipo de manera proporcional [85]. Para esta parte se tendrá en cuenta la eliminación de humedad en las etapas del proceso.

Figura 38.

Horno secador DM-2



Nota. Horno secador usado para eliminar la humedad de la materia prima en las respectivas etapas del proceso. Tomado de: “*Horno secador de calor cámara de secado*”, [En Línea]. Disponible: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/factory-directly-vacuum-wood-drying-kiln-kiln-dryer-heat-drying-chamber-prices-for-sale-in-philippines-50041886551.html?spm=a2700.galleryofferlist>

4.2.7 Molino de martillo

En la etapa de molienda estos pasarán por un proceso de disminución de tamaño de partícula mediante un molino martillo, para obtener partículas finas (harina). La harina obtenida de materia prima, mejora la interacción molecular del material con el solvente orgánico. El molino tiene una capacidad de 75 Ton, además de poseer una velocidad de punta del martillo de 118 m/s, resultando así una granulación superior de la materia prima, en la Figura 39 se puede evidenciar el molino que se implementará para el proceso [86].

Figura 39.

Molino de martillo



Nota. El molino de martillo se usa para reducir el tamaño de la materia prima, para obtener un producto fino (harina). Tomado de: “Molino de martillos Granulex DFZP”, [En Línea]. Disponible: <https://www.directindustry.es/prod/buehler-group/product-68538-601343.html>

4.2.8 Equipo de microondas

Para el proceso de extracción de almidón en la semilla, se realizará mediante un equipo de microondas asistido. Este equipo se puede observar en la Figura 40, el

microondas proviene de la marca HENTO, modelo HT-WB6C. Está fabricado en acero inoxidable de alta eficiencia y bajo costo, además cuenta con capacidad de 100 L y una frecuencia de 2450 Hz [87].

El microondas asistido al estar constituido por materiales aislantes, permite que el calentamiento de la mezcla sea de manera uniforme y las pérdidas de calor sean mínimas. La energía que transmite el microondas genera mayor contacto directo con el solvente. Para este proyecto de investigación la solución será con bisulfito de sodio mezclada con la materia prima para la extracción de almidón [88].

Figura 40.

Equipo de microondas



Nota. Equipo usado en la extracción de microondas, para obtener almidón de los residuos de mango. Tomado de: “*Equipo de microondas asistido*”, [En Línea]. Disponible: https://www.alibaba.com/product-detail/Factory-Direct-Sale-Microwave-EssentialOil_62007665130.html?spm=a

4.2.9 Filtro prensa

Para el proceso de filtro-prensa VR VM 500x500 de la marca Verlicchi, como se puede evidenciar en la Figura 41. Este equipo tiene una capacidad de superficie filtrante de 21.6 m² y una capacidad total de 252 dm³. El material a filtrar es ingresado por un orificio de alimentación al extremo de la máquina pasando por placas de compresión, en donde el material sólido quedará atrapado mediante una tela filtrante contenidas en su interior [89]. El líquido residual es pasado por una tubería por la parte inferior de la cámara, para posteriormente ser desechado por fuera de la planta.

Figura 41.

Filtro prensa VR



Nota. Filtro prensa usado para el proceso de filtrado de la pasta de almidón. Tomado de: "Filtro prensa VR", [En Línea]. Disponible: <http://www.verlicchisrl.it/cat.asp?branch=84&L=f>

4.2.10 Licuadora industrial

Previamente al filtrado, la pasta resultante del almidón se licúa a partir de una licuadora industrial en acero inoxidable como se puede evidenciar en la Figura 42, cuya

capacidad es de 50 L, su sistema de licuado es estático. La extracción del producto licuado se hace mediante una válvula tipo mariposa lo cual permite fácil extracción de las mezclas y lavado del mismo. La velocidad de rotación de las cuchillas va de 1.5 a 3.5 rpm [90].

Para este proceso al obtener una pasta extremadamente espesa, es necesario que la mezcla pase por un proceso de licuado, con el fin de separar la humedad contenida en la materia prima, haciendo que el proceso de filtrado sea mucho más rápido y eficiente.

Figura 42.

Licuadora industrial



Nota. Licuadora industrial de acero inoxidable, usada para trituración de la pasta resultante de almidón. Tomado de: “*Licuadora x 50 litros acero inoxidable industrial*”, [En Línea]. Disponible: <https://exhibirequipo.com/producto/licuadora-x-industrial-50-litros/>

4.2.11 Tanque de agitación mecánica

Para el tanque de agitación mecánica, proceso por el cual se va a llevar a cabo la gelatinización del almidón, los datos obtenidos del laboratorio serán escalados a planta piloto.

Debido a la falta de información en la literatura con respecto a la reacción química, constantes cinéticas y composición de la materia prima, se evidencia que no hay datos suficientes para llevar a cabo el proceso en un reactor, no obstante se propone trabajar con un tanque de agitación mecánica mediante un factor de escalado reportado en la literatura [91].

Esencialmente, este equipo está bajo un principio conceptual de escalamiento por similitud del equipo, además esta opción de escalado ha demostrado que es el mejor proceso para una operación de mezcla líquido-líquido, cuyo objetivo es lograr igualdad de área interfacial por unidad de volumen, a una velocidad de rotación de 600 rpm. El agitador más efectivo para mezclas altamente viscosas son las de cinta helicoidal [91].

La ecuación de escala a aplicar es:

Ecuación 8.

Ecuación para determinar el volumen del tanque de agitación

$$N' = N \left(\frac{L'}{L} \right)^{-\frac{2}{3}}$$

Nota. Ecuación aplicada para la determinación del volumen en tanque de agitación mecánica. Tomado de: R. González, "PRINCIPIOS BÁSICOS DE ESCALADO", Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Cuba, 2000, [En Línea]. Disponible: <http://monografias.umcc.cu/monos/2001/MONOGRAFIA10.htm>

Donde:

N' = Volumen del tanque (L)

N = Volumen de la mezcla (L)

L' = Volumen del líquido a procesar (L)

L = Volumen de agua (L)

4.3 Dimensionamiento de los equipos

Con base en la selección de equipos, se especifica la dimensión de cada uno de los equipos con el fin de satisfacer la capacidad implementada para el proceso de producción, en la Tabla 15 se puede evidenciar las respectivas dimensiones de cada equipo.

Tabla 16.

Dimensión de los equipos

Equipo	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m³)
Cámara de refrigeración	6	3	4	72
Cuba de turbulencia laminada	1.4	0.71	0.85	0.8449
Picadora de pasto ES-500	0.52	0.53	0.46	0.1267
Separador neumático	0.47	0.54	1.13	2.625
Mezclador bicónico	1.9	1.05	1.55	3.0922
Secado Dm-2	1.2	1.2	1.3	1.872
Molino martillo	0.8	1.2	1.5	1.44
Microondas	1.5	1.78	1	2.67
Filtro prensa	0.5	1.8	0.6	0.54
Licuada industrial	0.5	0.5	1	0.25
Tanque agitación mecánica	0.7	0.5	1.5	0.525
Tanque almacenamiento agua	1	1	1	1

Tanque almacenamiento glicerina	0.5	0.5	1	0.25
---------------------------------	-----	-----	---	------

Nota. Dimensiones en metros de largo, ancho y alto de los equipos.

4.4 Balance de masa y consumo de energía

Para el balance de materia se tuvo en cuenta que por cada 100 toneladas de mango se podrían aprovechar entre 25 a 40 toneladas de residuos de mango [46]. Sin embargo, debido a la capacidad que tiene cada equipo se tomó específicamente 30 kg de materia prima para procesar

A continuación, se presentarán los balances de manera teórica, por él cual se consideran pérdidas de materia prima en algunas etapas del proceso. Para finalizar, se obtiene respectivamente el consumo energético y tiempo requerido por cada uno de los equipos.

4.4.1 Balance de masa de la cámara de refrigerado, lavado y secado

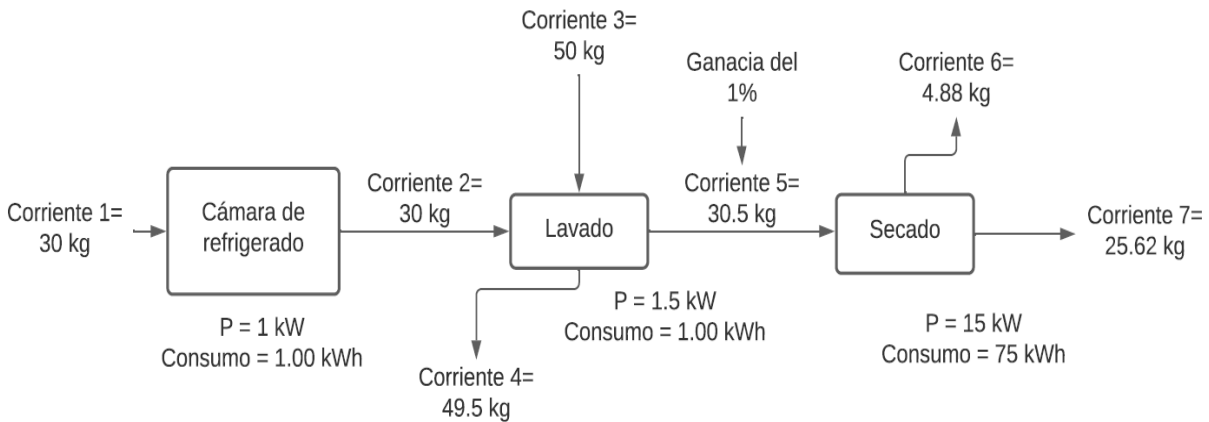
El proceso inicia con la recepción y almacenamiento de la materia prima 30 kg de endocarpio de mango (corriente 1), en este caso la cámara de refrigeración cumple con el objetivo de mantener completamente fresca la materia prima durante 1 hora. Luego (corriente 2), pasan por un proceso de lavado con agua (corriente 3) a temperatura ambiente, con el fin de remover aquellos residuos de pulpa e impurezas que se encuentran presentes en su superficie.

El agua residual (corriente 4) es llevada fuera de la planta. En este caso se tuvo en cuenta una ganancia del 1% de agua absorbida por parte del endocarpio (corriente 5). Para el secado se procede a llevar el endocarpio a un horno secador, donde se desea remover un 15% de humedad contenida al interior del endocarpio más el 1% de agua absorbida [46]. El secado se da durante 5 horas a una temperatura de 65°C.

Una vez culminado el tiempo de secado sale vapor de agua (corriente 6) y el endocarpio completamente seco (corriente 7). En la Figura 43, se evidencia lo anteriormente mencionado.

Figura 43.

Balance de masa en la cámara refrigerado, lavado y secado



Nota. Cantidad de materia prima en kilogramos, en corrientes de entrada y salida en los procesos de refrigerado, lavado y secado.

4.4.2 Balance de masa en la trituración, separador y mezcla

En esta etapa, al tener el endocarpio libre de humedad (corriente 7), se procede a facturarlo mediante una picadora de pasto industrial cuya operación es de 30 minutos a 180 rpm, para ello se supone una disminución del 3% debido a la cantidad de materia que pueda perderse en el equipo.

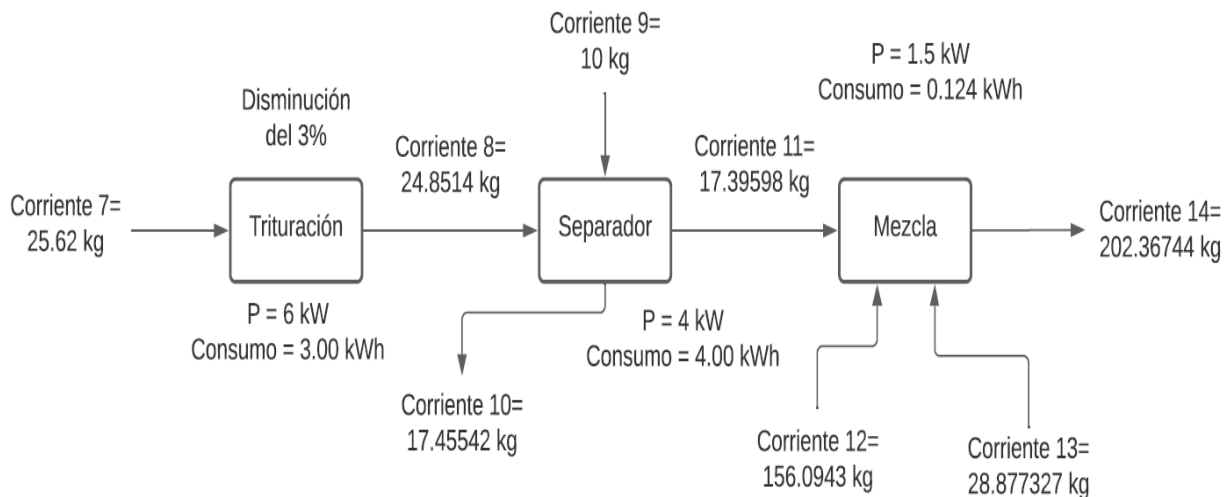
Al obtener la materia prima triturada (corriente 8), se procede a separar el endocarpio de la semilla mediante el uso de un separador neumático con inyección de aire (corriente 9). Para la separación se debe tener en cuenta que el endocarpio equivale al 30% de peso total y el restante equivale a la semilla [75]. La inyección de la corriente de aire, permite que las partículas más livianas en este caso el endocarpio, se separen de la semilla por diferencias de densidad.

Los residuos del endocarpio (corriente 10) son acumulados para luego ser llevados fuera de la planta. En cuanto a las semillas acumuladas al fondo del separador, serán llevadas (corriente 11) a la etapa de limpieza y descontaminación. Para esta parte se propone realizar una mezcla de la semilla con ácido cítrico durante 5 minutos, para ello se establece una relación 1:10 de materia prima con respecto a la solución.

Con base a la relación, se estimó que el volumen total de la mezcla es de 173.9598 L. A partir de la densidad de cada componente se obtuvo la respectiva cantidad de agua (corriente 12) y ácido cítrico (corriente 13). La mezcla total de la semilla en solución es de 202.36744 kg (corriente 14). En la Figura 44, se evidencia esta etapa mencionada.

Figura 44.

Balance de masa en la trituration, separación y mezcla



Nota. Cantidad de materia prima en kilogramos, en corrientes de entrada y salida en los procesos de trituration, separación y mezcla.

4.4.3 Balance de masa en el secado, molienda y microondas

Para el secado de la mezcla se desea eliminar el 100% de humedad contenida en la semilla a partir de un horno secador a una temperatura de 70°C durante 7 horas. Del equipo sale vapor de agua (corriente 15) y las semillas tratadas completamente secas (corriente 16) son llevadas a un proceso de reducción de partícula.

Para la molienda de la semilla, cabe resaltar que debe estar completamente libre de humedad. Para el proceso de molienda, se llevará a cabo durante 30 minutos en donde nuevamente se supone una disminución del 1% debido a la pérdida de material que pueda haberse adherido en el equipo.

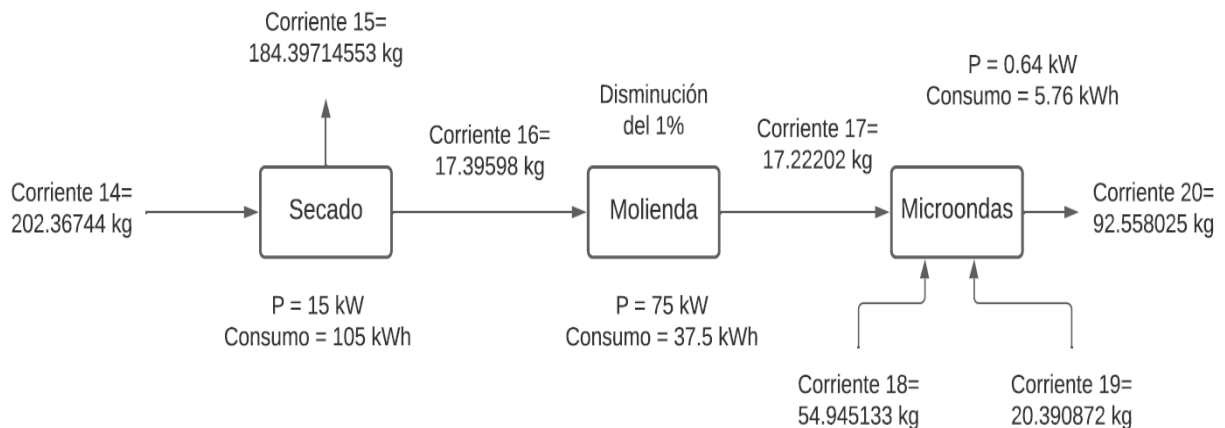
Al obtener las partículas finas de la semilla (corriente 17), se llevará a cabo el proceso de extracción de almidón mediante una solución 1:4 de bisulfito de sodio. A partir

de esta relación se estimó el volumen total de la solución, cuyo valor respectivo fue de 68.8880 L. A partir de la densidad de cada componente se obtuvo la respectiva cantidad de agua (corriente 18) y bisulfito de sodio (corriente 19). El objetivo de este proceso es la interacción molecular de la semilla con la solución de bisulfito, para lograr la mayor separación posible de almidón de otros compuestos orgánicos, esta operación tendrá una duración de 9 horas a 65°C.

Una vez cumplido el tiempo de extracción, a la salida del microondas se obtiene la mezcla de almidón y solución de bisulfito de sodio (corriente 20). En la Figura 45, se evidencia lo anteriormente mencionado.

Figura 45.

Balance de masa en el secado, molienda y microondas



Nota. Cantidad de materia prima en kilogramos, en corrientes de entrada y salida en los procesos secado, molienda y microondas.

4.4.4 Balance de masa en el licuado, filtrado y secado

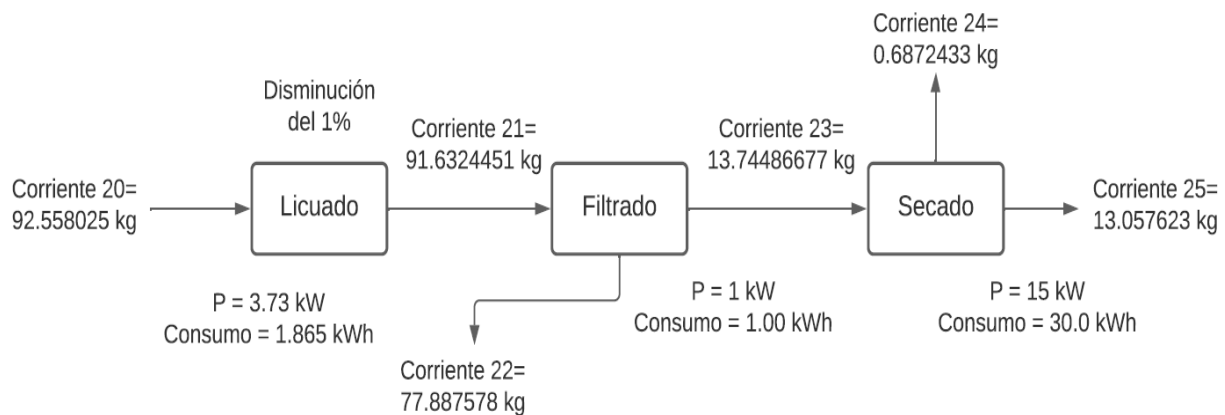
La mezcla resultante de almidón y solución de bisulfito se licuan para obtener una mezcla más homogénea (corriente 21), debido al espesor de la misma nuevamente se supone una disminución del 1% debido a que la mezcla se puede compactar en los alrededores del equipo.

Con ayuda de un filtro prensa, se desea eliminar el 90% de humedad contenida. Sin embargo para la filtración, se puede remover solamente un 85% de líquido residual

(corriente 22), dejando un 5% de trazas de agua adheridas en la pasta resultante (corriente 23). Una vez ocurre la filtración, la pasta es llevada al horno secador a 80°C durante 2 horas para eliminar el 5% restante de humedad contenida (corriente 24). Finalmente, se obtiene la pasta de almidón completamente seca (corriente 25). En la Figura 46, se evidencia este proceso.

Figura 46.

Balance de masa en el licuado, filtrado y secado



Nota. Cantidad de materia prima en kilogramos, en corrientes de entrada y salida en los procesos licuado, filtrado y secado.

4.4.5 Balance de masa en la molienda, tanque de agitación mecánica y secado

La parte final del proceso se lleva a cabo la pulverización de la pasta de almidón durante 30 minutos, para ello se supone nuevamente una disminución del 1% debido a la pérdida de masa generado en el equipo. Al obtener el almidón pulverizado (corriente 26), se procederá a la etapa de gelatinizado.

Cabe resaltar que para la gelatinización, se propone trabajar con un tanque de agitación mecánica mediante un factor de escalado reportado en la literatura. Para la estimación del volumen del tanque, se propuso una relación 1:10 de materia prima mezclada con agua y glicerina, aunque para cumplir con estas condiciones se estableció un 82% de agua y un 18% de glicerina [48]. El valor total obtenido de la muestra fue de 129.27047 L, de los cuales 106.00178 L equivale al agua y 23.27047 L equivale a la

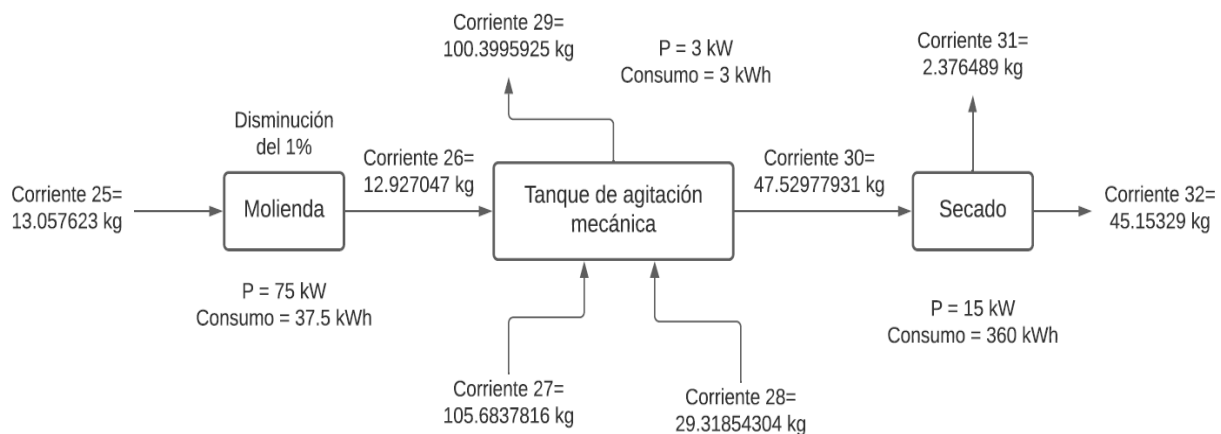
glicerina. Con la Ecuación 8, al reemplazar estos valores respectivamente se obtiene el volumen total en el tanque de agitación mecánica.

El volumen del tanque tendrá una capacidad de 355.2441 L. Con ayuda de la densidad de cada componente podemos determinar respectivamente la cantidad de agua (corriente 27) y cantidad de glicerina (corriente 28). Posteriormente, se lleva a cabo el proceso de calentamiento en el tanque de agitación mecánica a una temperatura de 90°C durante 2 horas, no obstante a esa temperatura se alcanza a evaporar un 95% de agua (corriente 29). Luego de evaporar la mayor parte del agua, la mezcla presentará una alta viscosidad, en esta parte la gelatinización concluye (corriente 30).

Por último el almidón gelatinizado, será vertido en moldes de silicona para llevarlo respectivamente a un horno a una temperatura de 60°C durante 24 horas. En el secado se remueve el 5% restante de agua. Una vez cumplido el tiempo de secado se obtiene como tal un material biopolimérico (corriente 32). En la Figura 47 se evidencia la parte final del proceso de la planta piloto.

Figura 47.

Balance de masa en la molienda, tanque de agitación mecánica y secado



Nota. Cantidad de materia prima en kilogramos, en corrientes de entrada y salida en los procesos de molienda, tanque de agitación mecánica y secado.

4.4.6 Resumen balance de masa

De acuerdo con el balance de materia descrito anteriormente, para el proceso de extracción de almidón en las semillas de mango se obtienen 12.9270 kg (corriente 26) de almidón, alcanzando un rendimiento del 43%. En cuanto al material biopolimérico (corriente 32) se pueden utilizar 45.1533 kg para emplearse en una industria específica.

4.4.7 Consumo de energía por equipo

Para la estación de consumo energético usada en cada proceso con los equipos específicos, se recurrió a usar la potencia en (kW) suministrada por las fichas técnicas de cada equipo descrito. Este consumo se calculó a partir de la potencia multiplicada por el tiempo de operación en cada etapa. En la Tabla 16, se puede evidenciar los resultados del consumo.

Tabla 17.

Consumo energético por equipo

Equipo	Potencia (kW)	Tiempo de operación (h)	Consumo (kWh)
Cámara de refrigerado	1	1.00	1.00
Cuba de turbulencia laminada	1.5	0.50	0.75
Picadora de pasto industrial	6	0.50	3.00
Separador neumático	4	1.00	4.00
Mezclador bicónico	1.5	0.083	0.1245
Horno secador	15	40	600
Molino martillo	75	0.5	37.5
Microondas	0.64	9	5.76
Filtro prensa	1	1.00	1.00
Licadora industrial	3.73	0.5	1.865
Tanque de agitación mecánica	4	1.00	4.00
Total		55.083	658.995

Nota. Consumo de energía de los equipos, respecto a la potencia suministrada y tiempo de operación.

4.5 Costos de la planta

4.5.1 Costo por área y equipos

El costo de cada equipo para llevar a cabo el proceso productivo, se obtuvo a partir de fuentes bibliográficas cuyo valor está valuado en USD. En este caso se obtiene respectivamente el valor de cada equipo con su respectiva conversión a pesos colombianos, para ello se usó una tasa usada en el mercado equivalente a (1 USD = 4654.54 COP) el día 12 de junio de 2021. En la Tabla 18 se puede evidenciar los costos y la cotización formal (Anexo 3).

Tabla 18.

Costo de los equipos

Equipo	Precio (USD)	Precio (COP)	Tomado de:
Cámara de refrigerado	1928	7047155	hvacspareparts.com
Cuba de turbulencia laminada	7614	27826203	horequipamerica.com
Picadora de pasto industrial	820	3000000	Torotrak.com
Separador neumático	2620	9576251	Patentados.com
Mezclador bicónico	4186	15300080	Interempresas.net
Horno secador	2000	7309000	Alibaba.com
Molino martillo	3000	10963500	Directindustry.com
Microondas	5000	18272500	florprohibida.com
Filtro prensa	2000	7309000	Verlicchi.it
Licuada industrial	1528	5584076	Exhibirequipos.com
Tanque de agitación mecánica	8000	29236000	Alibaba.com
Total	38696	141423765	-

Nota. Precio en dólares con su respectiva conversión a pesos colombianos de cada equipo.

Cabe resaltar que aproximadamente la planta piloto requiere de un espacio de 450 metros cuadrados, donde cada espacio contará con el respectivo distanciamiento de los equipos, oficina principal, dos baños y dos duchas. Es por ello que se selecciona una bodega ubicada en el barrio Centenario estrato 3, al sur de la ciudad de Bogotá, la cual cuenta con un área total de 580 metros cuadrados, cuyo arriendo mensual es de 10000000 COP [92].

4.5.2 Costo de operación

Antes de obtener la materia prima, cabe resaltar que para los costos totales se debe tener en cuenta un costo asociado a la separación, recolección y transporte de la materia prima Tabla 19. Para esta parte consta de 3 trabajadores; el primero se basa específicamente en la separación de las cáscaras y el endocarpio, el segundo recolectará el endocarpio para ser almacenado en cajas de fruta y el tercer trabajador se encargará del transporte de la materia prima. El valor del camión furgón para el transporte del material se evidencia en el Anexo 4.

Tabla 19.

Costo asociado a la recolección, separación y transporte

	Costo mensual	Costo Total
Operario 1,2,3	\$971.073	\$2.913.219
Camión furgón	-	\$80.000.000
Peajes	\$4.000.000	\$4.000.000
Gasolina	\$4.400.000	\$4.400.000
Total	-	\$91.313.219

Nota. Costos asociados a la recolección, separación y transporte de la materia prima.

En la parte operacional de la planta el proceso se realiza entre 24 y 28 horas, la planta trabaja 9 horas diarias por 5 días a la semana (lunes a viernes), dependiendo de la cantidad de materia prima recepcionada. De esta manera mensualmente se estará procesando 330 kilogramos mensuales.

La planta consta de 5 trabajadores, en donde 2 se encargaran de la carga y descarga de la materia prima, a su vez realizarán la parte cuantitativa de procesamiento

del material en cada etapa. Los demás trabajadores se encargan específicamente en controlar y regular el funcionamiento de los equipos durante el procesamiento. En la Tabla 20, se puede observar la nómina de cada operario con sus respectivas prestaciones.

Tabla 20.

Salario básico, seguridad social y prestaciones para cada operario

NOMINA								
		Persona 1	Persona 2	Persona 3	Persona 4	Persona 5	Total	
Devengado	Básico mensual	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 4.855.365	
	Días liquidados	30	30	30	30	30		
	Básico devengado	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 971.073	\$ 4.855.365	
	Subsidio transporte	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 532.270	
	Total devengado	\$ 1.077.527	\$ 1.077.527	\$ 1.077.527	\$ 1.077.527	\$ 1.077.527	\$ 5.387.635	
Seguridad social	Salud	Empleador	\$ 82.541	\$ 82.541	\$ 82.541	\$ 82.541	\$ 82.541	\$ 412.706
		Empleado	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 194.215
	Pensiones	Empleador	\$ 116.529	\$ 116.529	\$ 116.529	\$ 116.529	\$ 116.529	\$ 582.644
		Empleado	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 38.843	\$ 194.215
	ARL	Empleador	\$ 10.138	\$ 10.138	\$ 10.138	\$ 10.138	\$ 10.138	\$ 50.690
	Total deducciones	Empleador	\$ 209.208	\$ 209.208	\$ 209.208	\$ 209.208	\$ 209.208	\$ 1.046.040
		Empleado	\$ 77.686	\$ 77.686	\$ 77.686	\$ 77.686	\$ 77.686	\$ 388.429
	Total a pagar	Empleado	\$ 999.841	\$ 999.841	\$ 999.841	\$ 999.841	\$ 999.841	\$ 4.999.206
	Provisión	Prima y servicios	\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 2.427.683
		Cesantías	\$ 80.890	\$ 80.890	\$ 80.890	\$ 80.890	\$ 80.890	\$ 404.452
Intereses cesantías		\$ 809	\$ 809	\$ 809	\$ 809	\$ 809	\$ 4.045	
Vacaciones		\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 485.537	\$ 2.427.683	

Nota. Nómina de cada operario que se necesitan para operar la planta piloto.

Seguido de la nómina, se realiza la cuantificación de la materia prima para determinar el costo respectivo mensualmente, en la Tabla 21 se encuentra resumido la cantidad y el costo de cada materia prima requerida.

Tabla 21.

Costos de materia prima

Materia Prima	Lote	Mensual	Valor COP al mes
Endocarpio (kg/h)	30	330	
Ácido cítrico (kg/h)	28,87	317,57	\$ 3.175.700
Bisulfito de sodio (kg/h)	20,39	224,29	\$ 3.461.326
Glicerina pura (L/h)	29,32	322,52	\$ 8.063.000
Total	108,58	1194,35	\$ 14.700.026

Nota. Costos de materia prima en pesos colombianos mensualmente.

Por otro lado, es necesario cuantificar el consumo de agua como de energía para el proceso productivo, a partir de la Tabla 17 se estimó el consumo de energía requerido

por equipo. Cada procedimiento toma aproximadamente 2 días en ser completado, en el cual mensualmente se está consumiendo 4.04613 m³/h de agua y 5021.5 kWh de energía.

Para determinar el valor mensual del agua, se tomó la tarifa reportada por el Acueducto y alcantarillado de Bogotá para el año 2021 en el sector industrial, esta tarifa se encuentra en el anexo 5, cuyo valor es de 3902.90 \$/m³. Ahora bien, para determinar el valor energético mensual, se tomó la tarifa reportada por la comisión de regulación de energía y gas (CREG) para el año 2021 en el sector industrial, esta tarifa se encuentra en el anexo 6, cuyo valor es de 641.3711 \$/kWh. El consumo total de servicios está descrito en la Tabla 22.

Tabla 22.

Costos de servicios públicos

<i>Servicios públicos</i>	<i>Lote</i>	<i>Mensual</i>	<i>Valor COP mensual</i>
Consumo agua (m ³ /h)	0,36783	4,04613	\$ 34.466
Consumo energético (kWh)	658,995	7248,945	\$ 3.741.048
Total	659,363	7252,991	\$ 3.775.514

Nota. Costo de los servicios públicos que genera la planta piloto mensualmente.

4.5.3 Costo total

Finalmente el costo total para la operación de una planta piloto, se encuentra dividido por 2 costos. Inicialmente todos los equipos tienen un costo inicial de \$ 141.423.765 COP. Aunque la operación y el arriendo de la bodega mensualmente tienen un costo total de \$ 45.176.394 COP, como se puede observar en la Tabla 23.

Tabla 23.

Costo total de la planta piloto

<i>Tipo de costo</i>	<i>Valor COP</i>
Costos asociados	\$91.313.219
Equipos	\$ 141.423.765
Lote	\$ 10.000.000
Operación	

Nomina	\$ 5.387.635
Insumos	\$ 14.700.026
Servicios Públicos	\$3.775.514
Total	\$ 266.600.159

Nota. Costo total de una planta piloto para la producción de un biopolímero, a partir de almidón extraído de semilla de mango.

Aunque para evaluar el precio de venta por kilogramo de biopolímero, se tendrá en cuenta los costos de operación, nómina de los operarios y el lote mensualmente. Al finalizar el proceso se tiene 45.15329 kilogramos de biopolímero cuyo valor operacional es de \$ 45.176.394, para que los egresos sean igual a los ingresos el precio de venta por cada kilogramo debe ser de \$ 1.000.512, para ello se propone vender cada kilogramo en \$ 1.100.000 con el fin de obtener \$ 54.183.948 en ingresos y tener un soporte de auxilio de \$ 9.007.554 por alguna emergencia que se pueda presentar [77].

5. CONCLUSIONES

Se determino las características principales relacionadas con almidón para la formación de un biopolímero. El mango es una de las materias primas más abundantes en el territorio Colombiano, generando una gran cantidad de residuos que pueden ser usados para su aprovechamiento, es por ello que los residuos de mango cuentan con un 60.44% de almidón total. Los tratamientos realizados en los residuos, permitieron la descontaminación y conservación de la materia prima, previamente al proceso de extracción del almidón.

En cuanto al porcentaje de extracción de almidón en los residuos de mango, se obtuvo rendimientos altos aproximadamente de un 50%, a una concentración 0.20% de bisulfito de sodio durante 20 horas a una temperatura promedio de 65°C. Al compararse con los datos reportados en la literatura se obtuvo en promedio un incremento del 5% en el proceso de extracción, es por ello que las condiciones de operación que se plantearon fueron ideales para el proceso extractivo en los residuos de mango. Sin embargo al obtener un rendimiento menor al 5% de almidón en la cáscara de mango, dificultará la formación de un biopolímero, es por ello que preferiblemente es mejor usar la semilla de mango para el proceso de extracción.

Por otro lado, para la elaboración de las películas utilizando el almidón extraído, se gelatinizó con agua y glicerina debido a su afinidad con el material orgánico. Las condiciones ideales para la gelatinización fueron de 600 rpm a una temperatura de 100°C. A esta temperatura el agua al ser evaporada, incrementó de manera significativa la viscosidad y plastificación de la mezcla. El secado de la mezcla se llevó a cabo a una temperatura de 65°C en un horno secador durante 6 días con el fin de remover la humedad restante.

A través de la propuesta de planta piloto, se logró determinar que para el proceso es necesario el uso de once equipos los cuales son la cámara de refrigerado, cuba de turbulencia laminada, picadora de pasto industrial, separador neumático, horno secador, molino de martillo, microondas, filtro prensa, licuadora industrial y un tanque de agitación mecánica, los cuales tiene un valor de \$ 141.423.765 COP, siendo así la inversión inicial del proyecto.

El costo del proceso durante un mes de producción es de aproximadamente \$45.176.394 COP, este valor es la suma del costo de nómina por cada operario, insumos requeridos para el proceso, arrendamiento del lote y consumo de servicios públicos. Al procesar mensualmente 30 kilogramos de materia prima, se logra tener teóricamente 45.153 kilogramos de biopolímero.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Nuevos biopolímeros a partir de caudales de desperdicios de las biorrefinerías.” 2013. <https://cordis.europa.eu/article/id/169910-novel-biopolymers-from-biorefinery-wastestreams/es> (accessed Jul. 24, 2021).
- [2] A. Orjuela, “Colombia: Comienza la temporada de mango, la más larga de Sudamérica | ¡ Revista Agrollanos !”
- [3] W. Pérez Granados and M. E. Noreña Triana, “Cadena del Mango Indicadores e Instrumentos,” pp. 1–26, 2019, [Online]. Available: [https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30 Cifras Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf).
- [4] (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) DANE, “Boletín Técnico Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019-I,” *Boletín Técnico*, pp. 1–38, 2020.
- [5] C. Gutierrez and Y. Rivera, “Extracción y caracterización de la grasa de la almendra de mango (manguífera indica L.) variedad kent por prensa mecánica,” no. January 2015, pp. 13–36, 2018.
- [6] C. A. Reyna Helena, “Comparación de dos biopolímeros, uno a base de almidón de papa y otro a base de almidón de papa y goma xantán,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [7] O. Z. Escobar, J. C. O. Saravia, R. C. Guependo, and J. A. P. Ospina, “Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad,” *Rev. Fac. Nac. Agron. - Medellín*, vol. 64, no. 1, pp. 5769–5779, 2011, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=179922364003>.
- [8] M. Nárvaez, “UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón,” *Edimarket*, 2016.
- [9] S.-D. Ramirez-Angelica, “Evaluación de diferentes mezclas de polihidroxibutirato (P3HB) con aditivos para la obtención de un material polimérico,” *Ayan*, vol. 8, no.

- 5, p. 55, 2019.
- [10] O. H. Pardo and R. Velasco, "Propiedades fisicoquímicas y mecánicas de películas obtenidas a partir de almidón nativo y oxidado de arracacha Physicochemical and mechanical properties of film obtained from native and oxidized arracacha starch," pp. 23–29, 2012.
- [11] H. Pizá and S. Rolando, "ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARA LAS CHIFLERAS DE PIURA , Ramirez , Stephanie Villanueva , Ana," 2017.
- [12] N. Barrientos, "Biopolímeros les hacen dura competencia a los plásticos convencionales - Medellín - Colombia - ELTIEMPO.COM," 2017.
<https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/biopolimeros-les-hacen-dura-competencia-a-los-plasticos-convencionales-146548> (accessed Mar. 11, 2021).
- [13] Interempresas, "El mercado mundial de biopolímeros 2019: turbulento y en crecimiento - Plástico," 2020, Apr. .
<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/300522-mercado-mundial-polimeros-biologicos-2019-vision-mercado-turbulento-crecimiento.html> (accessed Mar. 11, 2021).
- [14] ECOEMBES, "Proyecto de análisis de bioplásticos," pp. 1–15, 2009.
- [15] L. B. Pardo, "Talleres bioquímica," pp. 1–272, 2017.
- [16] J. J. Hicks Gómez, *BIOQUÍMICA*, Segunda. México, D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2007.
- [17] J. Corrales, "Capítulo I Generalidades," 2011, [Online]. Available:
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/553/2/03 AGI 244 TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/553/2/03%20AGI%20244%20TESIS.pdf).
- [18] Universidad Nacional Autónoma de México, "Gelatinización y Retrogradación," p. 70.
- [19] L. Zárate Polanco et al, "EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE CLONES PROMISORIOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja)," *Revista Latinoamericana de la Papa*, vol. 18, no. 1, pp. 1–24,

- 2016.
- [20] D. F. Quintero Novoa and J. A. Ramírez Rueda, "ESTUDIO DEL MECANISMO DE GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA," 2013.
- [21] M. G. Luisillo Hernandez, "Efecto del grado de retrogradación del almidón, en el contenido de fibra dietética, en masa y tortilla de maíz blanco nixtamalizado.," 2014.
- [22] "Viscosidad," 2018. <https://www.significados.com/viscosidad/> (accessed Mar. 26, 2021).
- [23] L. Reyes and N. Vanegas, "EVALUACIÓN PARA LA SÍNTESIS DE UNA PELÍCULA POLIMÉRICA DERIVADA DE CÁSCARAS DE NARANJA CON ACEITES ESENCIALES ANTIMICROBIANOS PARA EL CONTROL DE RHIZOPUS STOLONIFER," 2020.
- [24] C. Raúl Bernal Bustos, J. Pablo Guarnizo Sánchez, A. Guevara, D. Suarez, N. Lozano, and S. Castillo, "PROPIEDADES, MODIFICACIONES Y USOS DE LOS ALMIDONES, CON MIRAS A LA OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRDABLES. ARTÍCULO DE REVISIÓN," vol. 10, no. 2, pp. 135–152, 2017.
- [25] A. Rosales, "Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua," 2016.
- [26] G. Anticono and L. Torres, "Efecto de la concentración de almidón de almendra de mango criollo (mangifera indica L.) en la obtención de películas," 2018.
- [27] C. Arenas and D. Pedraza, "EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MODIFICACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA MEDIANTE ACETILACIÓN Y OXIDACIÓN, PARA SU APLICACIÓN COMO EXCIPIENTE EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA A NIVEL LABORATORIO," 2017.
- [28] D. Della, "Efecto del nivel de acetilación en las características morfológicas y moleculares del almidón de plátano (Musa paradisiaca L)," 2007.

- [29] J. Ochoa, T. Roncal, and J. Torrecilla, *BIOPLÁSTICOS*. 2007.
- [30] M. T. Sumaya-martínez, L. Mónica, and S. Herrera, “Red De Valor Del Mango Y Sus Desechos Con Base En Las Propiedades Nutricionales Y Funcionales,” *Rev. Mex. Agronegocios*, vol. 16, no. 30, pp. 826–833, 2012.
- [31] I. Ruiloba, M. Li, R. Quintero, and J. Correa, “Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango Bioplastic production from mango seed starch,” vol. 4, pp. 28–32, 2018.
- [32] “Historia del Mango.” <https://romabel.wordpress.com/historia-del-mango/> (accessed Mar. 14, 2021).
- [33] Ministerio de Medio Ambiente, “MORFOLOGÍA DEL MANGO,” pp. 1–3, 2008.
- [34] Fedemango, “Federación Mangos de Colombia – Federación de mangos de Colombia,” 2019. <https://www.fedemango.org/> (accessed Feb. 25, 2021).
- [35] I. Larios Medrano, M. de J. K. Campos Serrano, M. del C. Padilla Sahagún, and S. J. Villanueva Rodriguez, “INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DEL MANGO,” *Introd. a la Tecnol. del mango*, pp. 9–10, 2011, [Online]. Available: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/388/1/LibroMango.pdf>.
- [36] Corpoica, “Modelo Tecnológico para el cultivo del mango en el Valle del alto Magdalena en el Departamento del Tolima Asohofrucol,” p. 112, 2015, [Online]. Available: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf.
- [37] Fedemango, “Mango Yulima – Federación Mangos de Colombia,” 2019. <https://www.fedemango.org/mango-yulima/> (accessed Feb. 25, 2021).
- [38] Fedemango, “Mango Tommy – Federación Mangos de Colombia,” 2019. <https://www.fedemango.org/mangos-tommy/> (accessed Feb. 25, 2021).
- [39] G. Gómez Peña and O. Guzmán Nariño, “ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN

PARA EL RESIDUO DE MANGO (*Mangifera Indica* L.) MEDIANTE EL USO DE BIOTECNOLOGÍA TRADICIONAL EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO,” 2019.

- [40] A. Quintero, “EL MANGO: EL TALLO, SEMILLA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MANGO,” 2018. <http://smith435.blogspot.com/2018/05/el-tallo-semilla-y-composicion-quimica.html> (accessed Mar. 26, 2021).
- [41] E. Guadrón de Delgado, “DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDON A PARTIR DE GUINEO MAJONCHO VERDE (*Musa sp . Variedad Cuadrado*), PARA SU USO DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS,” 2013.
- [42] “Operaciones Básicas en el Laboratorio de Química. Destilación. Tipos de Destilación.” http://www.ub.edu/oblq/oblq_castellano/destilacio_tipus.html#vapor (accessed Jul. 20, 2021).
- [43] “Determinación Del Contenido Graso De Leche En Polvo : Extracción Soxhlet,” *System*, pp. 1–7, 2004, [Online]. Available: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf.
- [44] S. Salomón Izquierdo, A. Bermello Crespo, T. Márquez Conde, O. D. López Hernández, M. L. González Sanabia, and C. J. C. Llópiz Yure, “Extracción asistida por microondas de lípidos de las semillas de Cucurbita pepo L. (calabaza),” *Rev. Cuba. Plantas Med.*, vol. 18, no. 1, pp. 17–26, 2013, [Online]. Available: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2013/cpm131d.pdf>.
- [45] C. Márquez, “Extracción,” 2015. <https://es.slideshare.net/cgmhxD/extraccion-50154094> (accessed Jul. 20, 2021).
- [46] M. Jaramillo, S. Ferrer, and Y. Cárdenas, “RESIDUOS DE *Mangifera Indica*, COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPOLÍMEROS,” 2018.
- [47] L. Reyes, “EVELUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DE LA OBTENCIÓN DE

ACEITE DE SEMILLAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata*),” 2020.

- [48] M. A. Ortiz Ramírez, “Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*mangifera indica*) con aplicación potencial en envases,” *Repos. Inst. Univ. El Bosque*, pp. 7–97, 2019, [Online]. Available: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>.
- [49] INEOS Calabrian, “METABISULFITO DE SODIO,” 2015. .
- [50] INEOS Calabrian, “BISULFITO DE SODIO,” 2015.
https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-calabrian/resource-center/safety-data-sheets/sodium_bisulfite_safety_data_sheet_spa.pdf.
- [51] X. Ruelas and M. Reyes, “Conservación de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas con recubrimientos comestibles,” vol. 5, no. 9, pp. 31–37, 2013.
- [52] M. Usaquén and M. Zafra, “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO,” 2018.
- [53] “Partículas finas.”
https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/contaminacion-aire-interior/glosario/pqrs/particulas-finas.htm (accessed Jun. 20, 2021).
- [54] M. Sánchez, M. T. Sánchez, and G. Pinto, “Reactivo de lugol: Historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas,” *Educ. Quim.*, vol. 24, no. 1, pp. 31–36, 2013, doi: 10.1016/s0187-893x(13)73192-6.
- [55] D. Guaminga, A. Guzmán, and R. Jiménez, “Elaboración de bioplástico a base de cáscara de mango (*Mangifera Indica* L.) para reducir el alto índice de contaminación generada por los plásticos comunes o no biodegradables en la Unidad Educativa Pedro Vicente Maldonado de la ciudad de Riobamba en el pe,” 2015.
- [56] Maulida, K. T, H. M, and G. M, “Utilization of mango seed starch in manufacture of bioplastic reinforced with microparticle clay using glycerol as plasticizer

- Utilization of mango seed starch in manufacture of bioplastic reinforced with microparticle clay using glycerol as plasticizer,” p. 8, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/309/1/012068.
- [57] M. Sonthalia and D. C. Sikdar, “PRODUCTION OF STARCH FROM MANGO (MANGIFERA INDICA . L) SEED KERNEL AND ITS CHARACTERIZATION,” vol. 3, no. 3, pp. 346–349, 2015, [Online]. Available: <https://www.ijtra.com/view/production-of-starch-from-mango-mangifera-indical-seed-kernel-and-its-characterization.pdf>.
- [58] Alquimialab, “Espectrofotómetro Genesys® 30 rango visible,” 2019. <https://www.alquimialab.com/espectrofotometro-genesys-30-rango-visible/> (accessed Jun. 05, 2021).
- [59] C. Duymovich, R. Acheme, S. Sesini, and D. Mazziotta, “Espectrofotómetros y fotocolorímetros guía práctica de actualización,” *Acta Bioquim. Clin. Latinoam.*, vol. 39, no. 4, pp. 529–539, 2005, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/535/53539414.pdf>.
- [60] X. Susan Sun, “Plastics from Starch and Poly(lactic acid) - KANSAS STATE UNIV.” [https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/0185522-plastics-from-starch-and-poly\(lactic-acid\).html](https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/0185522-plastics-from-starch-and-poly(lactic-acid).html) (accessed May 19, 2021).
- [61] L. M. Rivera Garcia, C. P. Ospina Correa, and A. V. Alzate Carvajal, “Gelatinización Y Gelificación De Almidones .,” p. Pg. 11-31, 2010.
- [62] L. G. Solano-Doblado, L. Alamilla-Beltrán, and C. Jiménez-Martínez, “Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados,” *TIP Rev. Espec. en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 21, p. 30, 2018, doi: 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153.
- [63] M. Santiago Santiago, “Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado.,” 2015.
- [64] P. Singh and D. Heldman, *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. 2006.
- [65] J. Meneses, “SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN POLÍMERO

BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA.”

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006 (accessed Jun. 07, 2021).

- [66] “Degradación de materiales polímeros: los plásticos. Generalidades. Factores ambientales de degradación. Biodegradación y Fotodegradación.” p. 78, 2015, [Online]. Available: https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/8/8915/Tema_8.pdf.
- [67] B. Bustamante, “La degradación de los plásticos,” *Revista Universidad EAFIT*, vol. 30, no. 94, p. 20, 1994.
- [68] J. Miranda, “Reacciones y sus mecanismos en la degradación de polímeros,” 2015.
- [69] M. Blanco, “B.1 GENERALIDADES SOBRE POLÍMEROS,” *Introduccion a los polimeros*, pp. 21–41, 2007.
- [70] A. Labeaga, “Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones,” 2018.
- [71] L. Dukalska *et al.*, “Studies of Biodegradable Polymer Material Suitability for Food Packaging Applications,” pp. 64–68, 2008, [Online]. Available: <http://www.hycail.com/pages/engels/nieuwsen.html>;
- [72] D. R. Lu, C. M. Xiao, and S. J. Xu, “Starch-based completely biodegradable polymer materials,” *Express Polym. Lett.*, pp. 366–375, 2009, doi: 10.3144/expresspolymlett.2009.46.
- [73] S. Jobling, “Improving starch for food and industrial applications,” *Curr. Opin. Plant Biol.*, vol. 7, no. 2, pp. 210–218, 2004, doi: 10.1016/j.pbi.2003.12.001.
- [74] Y. I. Maldonado-Astudillo *et al.*, “Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero,” *Rev. Fitotec. Mex.*, vol. 39, no. 3, pp. 207–214, 2016, doi: 10.35196/rfm.2016.3.207-214.
- [75] Y. Ávila and P. Villanueva, “Aprovechamiento integral de la semilla de Mangifera

- Indica D. de cuatro variedades cultivadas en el departamento del Tolima.,” *Photosynthetica*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13, 2018, [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76887-8>
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93594-2>
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00007-3>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
<http://dx.doi.org/10.1038/s41559-019-0877-3>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- [76] D. Moya Rodriguez, “DESARROLLO DE UN PROCESO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DESPULPADORA DE MANGO,” 2017.
- [77] J. Garcia and K. Mora, “PROPUESTA DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PECTINA PARTIENDO DE LA CÁSCARA DE GULUPA A ESCALA PILOTO,” 2013.
- [78] Doorfrig, “Características y funcionamiento de una cámara frigorífica industrial,” 2018. <https://doorfrig.com/caracteristicas-funcionamiento-camara-frigorifica-industrial/> (accessed May 31, 2021).
- [79] La casa del chef, “LAVAVERDURAS 135 LT,” 2018. <https://lacasadelchef.net/mermeladas-salsas-y-cremas/lavadoras-y-secadoras-de-frutas-y-verduras/lavaverduras-135-lt.html> (accessed May 31, 2021).
- [80] “Lavaverduras - Maquinaria para el lavado de verduras - Centrifugadoras.” <https://www.lahostelera.com/85-lavaverduras-y-centrifugadoras> (accessed Jun. 20, 2021).
- [81] TOROTRAC, “Picadora de Pasto y de productos industriales ES-500,” 2018. <https://www.torotracc.com/product/EF-MGE-PS0000559> (accessed May 31, 2021).
- [82] ALNICOLSA, “SEPARADOR NEUMÁTICO,” 2021. <https://taninos.tripod.com/SeparadorNeumatico.htm> (accessed May 31, 2021).
- [83] S. G. Silva Cruz, “Extracción y Caracterización de la grasa de la almendra d mango (*Mangifera indica* L.) variedad Kent por prenda mecánica,” 2018, [Online].

Available: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3571/silva-cruz-sheyla-giselle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- [84] INOXPA, “Mezclador Bicónico,” 2018.
<https://www.inoxpa.co/productos/equipos/equipos-de-mezcla/mezclador-tipo-biconico-mbc#decline> (accessed May 31, 2021).
- [85] Alibaba, “Horno secador,” 2020. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/factory-directly-vacuum-wood-drying-kiln-kiln-dryer-heat-drying-chamber-prices-for-sale-in-philippines-50041886551.html?spm=a2700.galleryofferlist> (accessed May 31, 2021).
- [86] Directindustry, “Molino de martillos - Granulex™ DFZP,” 2020.
<https://www.directindustry.es/prod/buehler-group/product-68538-601343.html> (accessed May 31, 2021).
- [87] Alibaba, “Factory Direct Sale Microwave Essential Oil Extraction / Microwave Extraction / Microwave Extraction System,” 2018.
https://www.alibaba.com/product-detail/Factory-Direct-Sale-Microwave-EssentialOil_62007665130.html?spm=a (accessed May 31, 2021).
- [88] A. M. Alvarez U. and F. M. Burgos S., “Comparación de las Técnicas de Extracción de Pectina a Partir de la Cáscara de la Parchita Amarilla (*Passiflora Edulis* F. *Flavicarpa*).,” 2013.
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/183535> (accessed May 31, 2021).
- [89] S. Dazhang, “Prensa de filtro,” 2019.
https://www.dzfilter.com/product/Filter_Press_For_Sale.html?cm=yym&gclid=CjwKCAjwtdFBhBAEiwAKOIy5_ySUoXQAHC2WbkU0DNxfx3E9elbsEmgrwLtjBVroupv56nsAX790BoCZuIQAvD_BwE (accessed Jun. 01, 2021).
- [90] Exhibirequipos, “Licuadora x 50 litros acero inoxidable industrial,” 2019.
<https://exhibirequipos.com/producto/licuadora-x-industrial-50-litros/> (accessed Jun. 01, 2021).

- [91] R. González, *PRINCIPIOS BÁSICOS DE ESCALADO*. 2000.
- [92] “Arriendo de Bodega en Centenario sur - Bogotá D.C. - 10457-M2904046.”
<https://www.metrocuadrado.com/inmueble/arriendo-bodega-bogota/10457-M2904046> (accessed Jun. 12, 2021).
- [93] M. Alcalde, Judith, “BIOPOLIMEROS |authorSTREAM.”
<http://www.authorstream.com/Presentation/williambedersand-1554946-biopolimeros/> (accessed Feb. 17, 2021).
- [94] J. Sanchez, “Qué es un COTILEDÓN: Características, Funciones y Ejemplos.”
<https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-cotiledon-1972.html> (accessed Feb. 19, 2021).
- [95] UNLP, “Extracción Química Orgánica I-2020 Ingeniería Química. Unlp,” pp. 3–11, 2020, [Online]. Available: www.ing.unlp.edu.ar › catedras › descargar.
- [96] Mexpolimeros, “Plastificante - Polimeros termoplasticos, elastomeros y aditivos.”
<https://www.mexpolimeros.com/plastificante.html> (accessed Feb. 19, 2021).

GLOSARIO

Biopolímero: “son cualquier tipo de sustancia o combinación de sustancias, de origen natural o sintético, diseñadas para actuar interferencialmente con sistemas biológicos con el fin de evaluar, tratar, aumentar o sustituir tejidos”[93].

Cotiledón: “en botánica se denomina cotiledón a las hojas primordiales de las plantas hasta llegar a su óptimo crecimiento, finalizando con la germinación de la semilla, donde forman la primera hoja del embrión”[94].

Extracción: “es la separación de un componente de una mezcla por acción de un solvente, selectivamente” [95].

Plastificante: “los plastificantes son sustancias que se incorporan a un material o elastómero para aumentar su flexibilidad y facilitar su transformación”[96].

Polisacárido: los polisacáridos en su mayor proporción son carbohidratos presentes en la naturaleza, que al ser sometidos a hidrólisis enzimática, dan lugar a moléculas más cortas como los monosacáridos o derivados de los mismos.

Semilla: es la parte más importante del fruto, es conocido como el grano interno que producen las plantas o frutos, y que al ser sembrado genera más plantas de la misma especie.

ANEXO 1

DATOS TABULADOS DE LA TRANSMITANCIA CON RESPECTO A LA LONGITUD DE ONDA, MEDIANTE EL ESPECTROFOTÓMETRO.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
λ (nm)	%T	%T	%T	%T
400	0,1	0,1	0,26	0,26
401	0,1	0,1	0,28	0,28
402	0,1	0,1	0,29	0,29
403	0,1	0,1	0,3	0,3
404	0,1	0,1	0,31	0,31
405	0,1	0,1	0,32	0,32
406	0,1	0,1	0,32	0,32
407	0,1	0,1	0,33	0,33
408	0,1	0,1	0,33	0,33
409	0,1	0,1	0,34	0,34
410	0,1	0,1	0,34	0,34
411	0,1	0,1	0,35	0,35
412	0,1	0,1	0,35	0,35
413	0,1	0,1	0,35	0,35
414	0,1	0,1	0,36	0,36
415	0,1	0,1	0,36	0,36
416	0,1	0,1	0,36	0,36
417	0,1	0,1	0,37	0,37
418	0,1	0,1	0,38	0,38
419	0,1	0,1	0,38	0,38
420	0,1	0,1	0,38	0,38
421	0,1	0,1	0,38	0,38
422	0,1	0,1	0,39	0,39
423	0,1	0,1	0,39	0,39
424	0,1	0,1	0,4	0,4
425	0,1	0,1	0,4	0,4
426	0,1	0,1	0,4	0,4
427	0,1	0,1	0,41	0,41
428	0,1	0,1	0,41	0,41
429	0,1	0,1	0,41	0,41
430	0,1	0,1	0,42	0,42
431	0,1	0,1	0,42	0,42
432	0,1	0,1	0,42	0,42
433	0,1	0,1	0,42	0,42
434	0,1	0,1	0,43	0,43

435	0,1	0,1	0,43	0,43
436	0,1	0,1	0,43	0,43
437	0,1	0,1	0,43	0,43
438	0,1	0,1	0,44	0,44
439	0,1	0,1	0,44	0,44
440	0,1	0,1	0,44	0,44
441	0,1	0,1	0,45	0,45
442	0,1	0,1	0,45	0,45
443	0,1	0,1	0,45	0,45
444	0,1	0,1	0,45	0,45
445	0,1	0,1	0,46	0,46
446	0,1	0,1	0,46	0,46
447	0,1	0,1	0,46	0,46
448	0,1	0,1	0,47	0,47
449	0,1	0,1	0,47	0,47
450	0,1	0,1	0,47	0,47
451	0,1	0,1	0,48	0,48
452	0,1	0,1	0,49	0,49
453	0,1	0,1	0,49	0,49
454	0,1	0,1	0,5	0,5
455	0,1	0,1	0,5	0,5
456	0,1	0,1	0,5	0,5
457	0,1	0,1	0,51	0,51
458	0,1	0,1	0,52	0,52
459	0,1	0,1	0,52	0,52
460	0,1	0,1	0,52	0,52
461	0,1	0,1	0,53	0,53
462	0,1	0,1	0,53	0,53
463	0,1	0,1	0,54	0,54
464	0,1	0,1	0,54	0,54
465	0,1	0,1	0,55	0,55
466	0,1	0,1	0,55	0,55
467	0,1	0,1	0,55	0,55
468	0,1	0,1	0,56	0,56
469	0,1	0,1	0,56	0,56
470	0,1	0,1	0,57	0,57
471	0,1	0,1	0,57	0,57
472	0,1	0,1	0,57	0,57
473	0,1	0,1	0,58	0,58
474	0,1	0,1	0,58	0,58
475	0,1	0,1	0,59	0,59

476	0,1	0,1	0,59	0,59
477	0,1	0,1	0,59	0,59
478	0,1	0,1	0,6	0,6
479	0,1	0,1	0,6	0,6
480	0,1	0,1	0,61	0,61
481	0,1	0,1	0,61	0,61
482	0,1	0,1	0,61	0,61
483	0,1	0,1	0,62	0,62
484	0,1	0,1	0,62	0,62
485	0,1	0,1	0,63	0,63
486	0,1	0,1	0,63	0,63
487	0,1	0,1	0,63	0,63
488	0,1	0,1	0,64	0,64
489	0,1	0,1	0,64	0,64
490	0,1	0,1	0,64	0,64
491	0,1	0,1	0,65	0,65
492	0,1	0,1	0,65	0,65
493	0,1	0,1	0,65	0,65
494	0,1	0,1	0,66	0,66
495	0,1	0,1	0,66	0,66
496	0,1	0,1	0,66	0,66
497	0,1	0,1	0,67	0,67
498	0,1	0,1	0,67	0,67
499	0,1	0,1	0,67	0,67
500	0,1	0,1	0,67	0,67
501	0,1	0,1	0,68	0,68
502	0,1	0,1	0,68	0,68
503	0,1	0,1	0,68	0,68
504	0,1	0,1	0,68	0,68
505	0,1	0,1	0,69	0,69
506	0,1	0,1	0,69	0,69
507	0,1	0,1	0,69	0,69
508	0,1	0,1	0,7	0,7
509	0,1	0,1	0,7	0,7
510	0,1	0,1	0,7	0,7
511	0,1	0,1	0,7	0,7
512	0,1	0,1	0,71	0,71
513	0,1	0,1	0,71	0,71
514	0,1	0,1	0,71	0,71
515	0,1	0,1	0,72	0,72
516	0,1	0,1	0,72	0,72

517	0,1	0,1	0,72	0,72
518	0,1	0,1	0,73	0,73
519	0,1	0,1	0,73	0,73
520	0,1	0,1	0,73	0,73
521	0,1	0,1	0,74	0,74
522	0,1	0,1	0,74	0,74
523	0,1	0,1	0,74	0,74
524	0,1	0,1	0,75	0,75
525	0,1	0,1	0,75	0,75
526	0,1	0,1	0,75	0,75
527	0,1	0,1	0,76	0,76
528	0,1	0,1	0,76	0,76
529	0,1	0,1	0,76	0,76
530	0,1	0,1	0,76	0,76
531	0,1	0,1	0,77	0,77
532	0,1	0,1	0,77	0,77
533	0,1	0,1	0,77	0,77
534	0,1	0,1	0,78	0,78
535	0,1	0,1	0,78	0,78
536	0,1	0,1	0,78	0,78
537	0,1	0,1	0,79	0,79
538	0,1	0,1	0,79	0,79
539	0,1	0,1	0,79	0,79
540	0,1	0,1	0,79	0,79
541	0,1	0,1	0,8	0,8
542	0,1	0,1	0,8	0,8
543	0,1	0,1	0,81	0,81
544	0,1	0,1	0,81	0,81
545	0,1	0,1	0,81	0,81
546	0,1	0,1	0,81	0,81
547	0,1	0,1	0,82	0,82
548	0,1	0,1	0,82	0,82
549	0,1	0,1	0,82	0,82
550	0,1	0,1	0,83	0,83
551	0,1	0,1	0,83	0,83
552	0,1	0,1	0,84	0,84
553	0,1	0,1	0,84	0,84
554	0,1	0,1	0,84	0,84
555	0,1	0,1	0,85	0,85
556	0,1	0,1	0,85	0,85
557	0,1	0,1	0,85	0,85

558	0,1	0,1	0,86	0,86
559	0,1	0,1	0,86	0,86
560	0,1	0,1	0,86	0,86
561	0,1	0,1	0,87	0,87
562	0,1	0,1	0,87	0,87
563	0,1	0,1	0,87	0,87
564	0,1	0,1	0,88	0,88
565	0,1	0,1	0,88	0,88
566	0,1	0,1	0,89	0,89
567	0,1	0,1	0,89	0,89
568	0,1	0,1	0,89	0,89
569	0,1	0,1	0,89	0,89
570	0,1	0,1	0,9	0,9
571	0,1	0,1	0,9	0,9
572	0,1	0,1	0,91	0,91
573	0,1	0,1	0,91	0,91
574	0,1	0,1	0,91	0,91
575	0,1	0,1	0,92	0,92
576	0,1	0,1	0,92	0,92
577	0,1	0,1	0,92	0,92
578	0,1	0,1	0,93	0,93
579	0,1	0,1	0,93	0,93
580	0,1	0,1	0,94	0,94
581	0,1	0,1	0,94	0,94
582	0,1	0,1	0,94	0,94
583	0,1	0,1	0,95	0,95
584	0,1	0,1	0,95	0,95
585	0,1	0,1	0,95	0,95
586	0,1	0,1	0,96	0,96
587	0,1	0,1	0,96	0,96
588	0,1	0,1	0,96	0,96
589	0,1	0,1	0,97	0,97
590	0,1	0,1	0,97	0,97
591	0,1	0,1	0,98	0,98
592	0,1	0,1	0,98	0,98
593	0,1	0,1	0,98	0,98
594	0,1	0,1	0,99	0,99
595	0,1	0,1	0,99	0,99
596	0,1	0,1	1	1
597	0,1	0,1	1	1
598	0,1	0,1	1	1

599	0,1	0,1	1,01	1,01
600	0,1	0,1	1,01	1,01
601	0,1	0,1	1,02	1,02
602	0,1	0,1	1,02	1,02
603	0,1	0,1	1,02	1,02
604	0,1	0,1	1,03	1,03
605	0,1	0,1	1,03	1,03
606	0,1	0,1	1,04	1,04
607	0,1	0,1	1,04	1,04
608	0,1	0,1	1,04	1,04
609	0,1	0,1	1,04	1,04
610	0,1	0,1	1,05	1,05
611	0,1	0,1	1,05	1,05
612	0,1	0,1	1,05	1,05
613	0,1	0,1	1,06	1,06
614	0,1	0,1	1,06	1,06
615	0,1	0,1	1,06	1,06
616	0,1	0,1	1,07	1,07
617	0,1	0,1	1,07	1,07
618	0,1	0,1	1,07	1,07
619	0,1	0,1	1,08	1,08
620	0,1	0,1	1,08	1,08
621	0,1	0,1	1,09	1,09
622	0,1	0,1	1,09	1,09
623	0,1	0,1	1,09	1,09
624	0,1	0,1	1,1	1,1
625	0,1	0,1	1,1	1,1
626	0,1	0,1	1,1	1,1
627	0,1	0,1	1,11	1,11
628	0,1	0,1	1,11	1,11
629	0,1	0,1	1,11	1,11
630	0,1	0,1	1,11	1,11
631	0,1	0,1	1,12	1,12
632	0,1	0,1	1,12	1,12
633	0,1	0,1	1,12	1,12
634	0,1	0,1	1,13	1,13
635	0,1	0,1	1,13	1,13
636	0,1	0,1	1,13	1,13
637	0,1	0,1	1,14	1,14
638	0,1	0,1	1,14	1,14
639	0,1	0,1	1,14	1,14

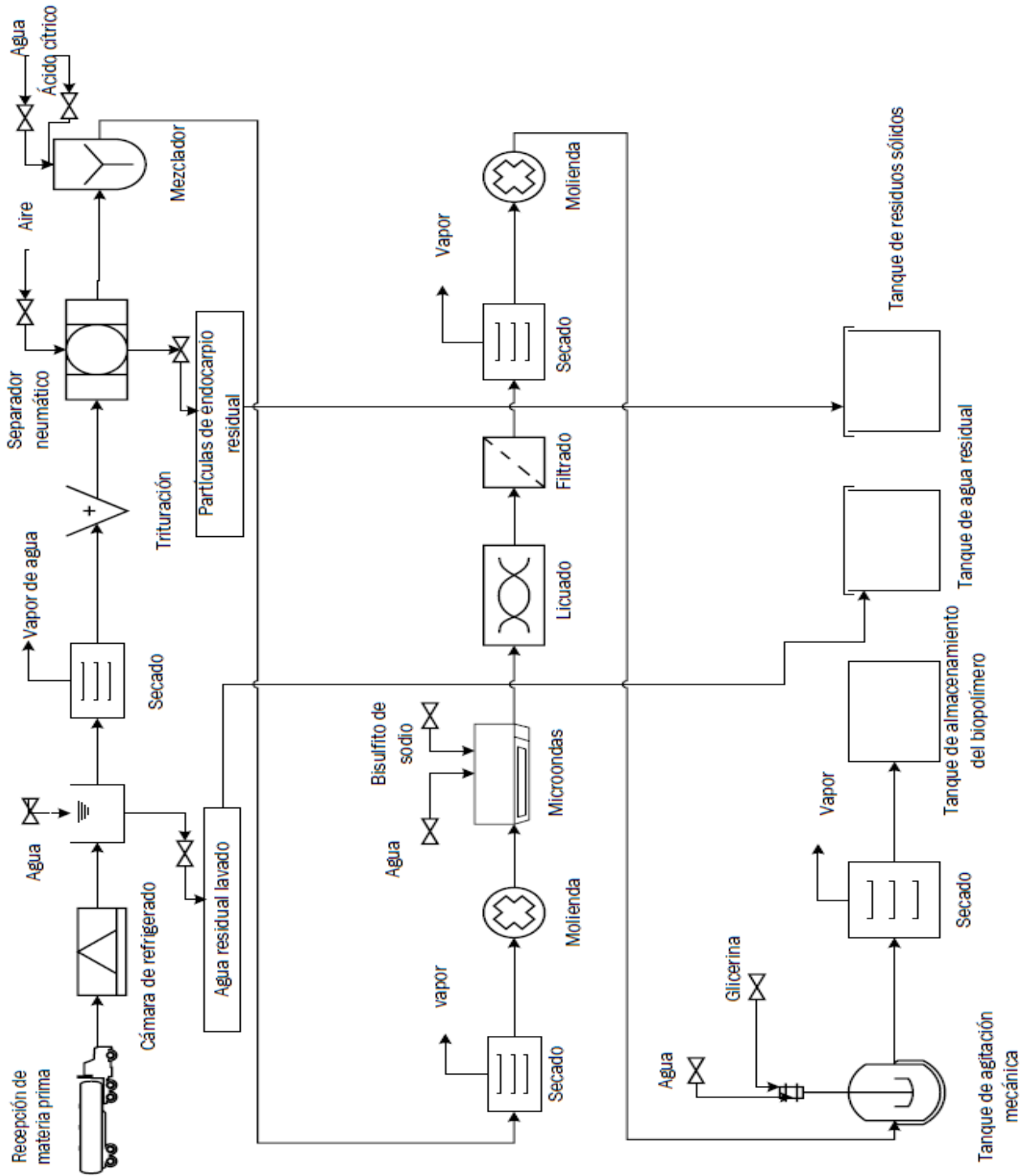
640	0,1	0,1	1,15	1,15
641	0,1	0,1	1,15	1,15
642	0,1	0,1	1,15	1,15
643	0,1	0,1	1,15	1,15
644	0,1	0,1	1,16	1,16
645	0,1	0,1	1,16	1,16
646	0,1	0,1	1,16	1,16
647	0,1	0,1	1,16	1,16
648	0,1	0,1	1,17	1,17
649	0,1	0,1	1,17	1,17
650	0,1	0,1	1,17	1,17
651	0,1	0,1	1,18	1,18
652	0,1	0,1	1,18	1,18
653	0,1	0,1	1,18	1,18
654	0,1	0,1	1,19	1,19
655	0,1	0,1	1,19	1,19
656	0,1	0,1	1,19	1,19
657	0,1	0,1	1,19	1,19
658	0,1	0,1	1,2	1,2
659	0,1	0,1	1,2	1,2
660	0,1	0,1	1,21	1,21
661	0,1	0,1	1,21	1,21
662	0,1	0,1	1,21	1,21
663	0,1	0,1	1,22	1,22
664	0,1	0,1	1,22	1,22
665	0,1	0,1	1,22	1,22
666	0,1	0,1	1,22	1,22
667	0,1	0,1	1,23	1,23
668	0,1	0,1	1,23	1,23
669	0,1	0,1	1,23	1,23
670	0,1	0,1	1,23	1,23
671	0,1	0,1	1,24	1,24
672	0,1	0,1	1,24	1,24
673	0,1	0,1	1,24	1,24
674	0,11	0,1	1,25	1,25
675	0,11	0,1	1,25	1,25
676	0,11	0,1	1,25	1,25
677	0,11	0,1	1,26	1,26
678	0,11	0,1	1,26	1,26
679	0,11	0,1	1,26	1,26
680	0,11	0,1	1,27	1,27

681	0,12	0,1	1,27	1,27
682	0,12	0,1	1,27	1,27
683	0,12	0,1	1,28	1,28
684	0,12	0,1	1,28	1,28
685	0,12	0,1	1,29	1,29
686	0,12	0,1	1,29	1,29
687	0,12	0,1	1,29	1,29
688	0,12	0,1	1,29	1,29
689	0,13	0,1	1,3	1,3
690	0,13	0,1	1,3	1,3
691	0,13	0,1	1,3	1,3
692	0,13	0,1	1,31	1,31
693	0,13	0,1	1,31	1,31
694	0,13	0,1	1,31	1,31
695	0,13	0,1	1,32	1,32
696	0,13	0,1	1,32	1,32
697	0,14	0,1	1,32	1,32
698	0,14	0,1	1,32	1,32
699	0,14	0,1	1,33	1,33
700	0,14	0,1	1,33	1,33
701	0,14	0,1	1,33	1,33
702	0,14	0,1	1,34	1,34
703	0,14	0,1	1,34	1,34
704	0,14	0,1	1,35	1,35
705	0,14	0,1	1,35	1,35
706	0,14	0,1	1,35	1,35
707	0,14	0,1	1,36	1,36
708	0,14	0,1	1,36	1,36
709	0,15	0,1	1,36	1,36
710	0,15	0,1	1,36	1,36
711	0,15	0,1	1,37	1,37
712	0,15	0,1	1,37	1,37
713	0,15	0,1	1,37	1,37
714	0,15	0,1	1,38	1,38
715	0,15	0,1	1,38	1,38
716	0,15	0,1	1,38	1,38
717	0,15	0,1	1,39	1,39
718	0,15	0,1	1,39	1,39
719	0,15	0,1	1,39	1,39
720	0,16	0,1	1,4	1,4
721	0,16	0,1	1,4	1,4

722	0,16	0,1	1,4	1,4
723	0,16	0,1	1,41	1,41
724	0,16	0,1	1,41	1,41
725	0,16	0,1	1,41	1,41
726	0,16	0,1	1,42	1,42
727	0,16	0,1	1,42	1,42
728	0,16	0,1	1,42	1,42
729	0,16	0,1	1,43	1,43
730	0,16	0,1	1,43	1,43
731	0,16	0,1	1,43	1,43
732	0,16	0,1	1,44	1,44
733	0,17	0,1	1,44	1,44
734	0,17	0,1	1,44	1,44
735	0,17	0,1	1,44	1,44
736	0,17	0,1	1,45	1,45
737	0,17	0,1	1,45	1,45
738	0,17	0,1	1,45	1,45
739	0,17	0,1	1,45	1,45
740	0,17	0,1	1,46	1,46
741	0,17	0,1	1,46	1,46
742	0,17	0,1	1,46	1,46
743	0,17	0,1	1,46	1,46
744	0,17	0,1	1,47	1,47
745	0,17	0,1	1,47	1,47
746	0,17	0,1	1,47	1,47
747	0,17	0,1	1,47	1,47
748	0,18	0,1	1,48	1,48
749	0,18	0,1	1,48	1,48
750	0,18	0,1	1,48	1,48
751	0,18	0,1	1,48	1,48
752	0,18	0,1	1,49	1,49
753	0,18	0,1	1,49	1,49
754	0,18	0,1	1,49	1,49
755	0,18	0,1	1,49	1,49
756	0,18	0,1	1,5	1,5
757	0,18	0,1	1,5	1,5
758	0,18	0,1	1,5	1,5
759	0,18	0,1	1,5	1,5
760	0,18	0,1	1,51	1,51
761	0,18	0,1	1,51	1,51
762	0,18	0,1	1,51	1,51

763	0,18	0,1	1,51	1,51
764	0,18	0,1	1,51	1,51
765	0,19	0,1	1,52	1,52
766	0,19	0,1	1,52	1,52
767	0,19	0,1	1,52	1,52
768	0,19	0,1	1,52	1,52
769	0,19	0,1	1,53	1,53
770	0,19	0,1	1,53	1,53
771	0,19	0,1	1,53	1,53
772	0,19	0,1	1,54	1,54
773	0,19	0,1	1,54	1,54
774	0,19	0,1	1,54	1,54
775	0,19	0,1	1,55	1,55
776	0,19	0,1	1,55	1,55
777	0,19	0,1	1,55	1,55
778	0,19	0,1	1,56	1,56
779	0,19	0,1	1,56	1,56
780	0,19	0,1	1,56	1,56
781	0,19	0,1	1,56	1,56
782	0,19	0,1	1,57	1,57
783	0,19	0,1	1,57	1,57
784	0,19	0,1	1,57	1,57
785	0,19	0,1	1,58	1,58
786	0,2	0,1	1,58	1,58
787	0,2	0,1	1,58	1,58
788	0,2	0,1	1,58	1,58
789	0,2	0,1	1,59	1,59
790	0,2	0,1	1,59	1,59
791	0,2	0,1	1,6	1,6
792	0,2	0,1	1,6	1,6
793	0,2	0,1	1,6	1,6
794	0,2	0,1	1,6	1,6
795	0,2	0,1	1,61	1,61
796	0,2	0,1	1,61	1,61
797	0,2	0,1	1,61	1,61
798	0,2	0,1	1,62	1,62
799	0,2	0,1	1,62	1,62
800	0,2	0,1	1,63	1,63

ANEXO 2 DIAGRAMA PFD





Líder en consultoría, calidad y precio

Horequip Airpure S.L.
 C/ La Esperada Nº1 39760 Adra Treto Cantabria
 Tlf: 942 60 52 72 Fax: 942 61 28 00
 Web: http://www.horequip.es Email: horequip@horequip.es

Forma de Pago: Transferencia anticipada

Presupuesto 202100000000491

Fecha: 13/07/2021

Referencia: Lavaverduras

Universidad de América

Bogotá (Bogotá)
 Colombia

NIF: 3204790030
 Email: andres.perez5@estudimats.uamerica.edu.co
 A/A: Andres Felipe Perez
 Email:

Cantidad	Referencia	Producto	Precio	%Dto.	Importe
1	HEVOL2	LAVAVERDURAS Voltaje Especial: 400/60/3 Cuba de lavado de acero inoxidable 18/10 con tanque patentado adicional. La toma de agua se filtra previamente para entrar de nuevo a la cuba sin residuos de tierras o de otro tipo. El desarrollo interno de la cuba con turbulencia laminada y calculada para un mejor rendimiento de la formación del vórtice, incluso en la abertura de flujo mínimo. Regulación del flujo de agua manual, en función a los alimentos que se deban tratar. Electro-bomba de fabricación propia desarrollada para trabajos continuados. Cuadro eléctrico resistente al agua de 24 voltios según normativas vigentes EMPI y CEI. Parrilla del fondo de la cuba diseñada para separar los depósitos de tierra u otro material del ciclo de trabajo normal, con desagüe de 1,5" en el fondo de la cuba lo que permite un lavado en turbulencias con la mayor posibilidad de agua limpia. Pies ajustables para la nivelación de la maquina. Dimensiones: 1200x710x856h mm Potencia: 1,5 kw Capacidad cuba: 200 lbs Carga de verduras en hojas: 240/300 Kg/h - 8/10 Kg Carga de verduras pesadas: 900/1200 Kg/h - 30/40 Kg Nivel sonoro: 60dba	8.603,00 €	30	6.022,10 €
1	PORTFCA	PORTES FCA PUERTO INCOTERM 2010 INCLUIDOS Entrega de la mercancía en el puerto acordado de España (Península). Incluye aduana de exportación. La carga de la mercancía en el lugar acordado corre a cargo de la agencia contratada por el comprador. El comprador soporta todos los costes y riesgos de enviar la mercadería desde el puerto acordado hasta su destino final.	0,00 €		0,00 €
1	NOTGAR	DESCRIPCION GARANTIA Incluye exclusivamente las piezas defectuosas durante un año, quedando excluidos la mano de obra y los portes. (Esto no cubre los defectos provocados por el mal uso del producto ni elementos de desgaste tales como bombillas, cristalales, etc.)	0,00 €		0,00 €
SUB TOTAL ...			6.022,10 €		6.022,10 €

Impuesto	Base	%Imp.	Tot. Impuesto	Total
IVA	6.022,10 €	0,00	0,00 €	6.022,10 €

PLAZO DE ENTREGA: A CONCRETAR

SUJETO A RIESGO CON CREDITO Y CAUCION
 Periodo de validez, 15 días desde fecha presupuesto

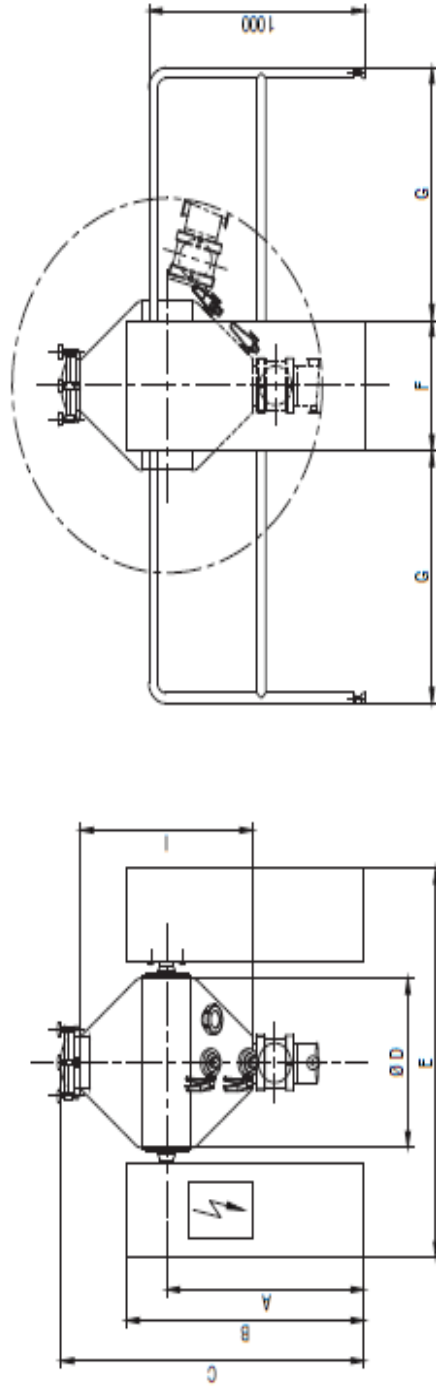
Leído y aceptado el condicionado adjunto
 ACEPTADO (Nombre y firma):

Le informamos conforme a lo previsto en el RGPD de 27 de abril de 2016 que HOREQUIP AIRPURE S.L., recaba y trata sus datos de carácter personal, aplicando las medidas técnicas y organizativas que garantizan su confidencialidad, con la finalidad de gestionar la relación que le vincula. Usted da su consentimiento y autorización para dicho tratamiento. Conservaremos sus datos de carácter personal únicamente el tiempo imprescindible para gestionar nuestra relación. Podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación, portabilidad y oposición dirigiéndose a HOREQUIP AIRPURE S.L. con dirección C/ La Esperada nº 1 bajo, Adra Treto, 39760, Cantabria.

ANEXO 3

COTIZACIÓN DE EQUIPOS

I Dimensiones generales



Modelo	Volumen Total	Volumen Útil	A	B	C	ØD	E	F	G	I	K	KW
MBC160	160	100	1265	1450	1800	650	1500	500	1000	800	600	1
MBC650	650	400	1540	1725	2350	1000	1850	600	1300	1350	600	3
MBC950	950	600	1630	1850	2550	1200	2000	700	1400	1500	600	4
MBC1600	1600	1000	1750	1950	2750	1500	2300	700	1700	1750	600	5.5
MBC3000	3000	2000	2050	2250	3150	1700	2800	1000	2000	2220	600	10



Directamente de la fábrica de madera vacío secado horno secador de calor cámara de secado de los precios de venta en Filipinas

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

2.000,00 US\$ - 10.000,00 US\$ / Set | 1 Set/Sets(Pedido mínimo)

Número de Mod... DM-40 coal charcoal cube drying machine

Lead Time[?]:

Cantidad(Sets)	1 - 5	>5
Hora del Est.(días)	15	Se negociará

Shipping: Support Transporte marítimo

12 meses en garantía de maquinarias

Descripción general

Detalles rápidos

Tipo: Horno de secado
 Lugar del origen: Henan, China
 Voltaje: 220 V/380 V
 Dimensión (L*W*H): 6200*2100*2900mm
 Garantía: 12 meses
 Peso: 3800 kg
 Capacity: 120kg/H
 Package: Wooden Case

Condición: Nuevo
 Marca: CANMAX
 Energía (W): 30KW
 Certificación: CE ISO
 Servicio postventa ... Ingenieros disponibles para la puesta en marcha en el extran...
 Product name: heat drying chamber
 Function: drying
 Color: Can be customized

Supply Ability

Supply Ability 100 Set/s per Quarter Calor cámara de secado

Embalaje y envío

Paquete heat drying chamber: Exporting standard package or as per clients' requirement.

Puerto QINGDAO, SHANGHAI, GUANGZHOU, NINGBO

Lead Time[?]:

Cantidad(Sets)	1 - 5	>5
Hora del Est.(días)	15	Se negociará



Cámara de Refrigeración 1-321-322-06 AACORE

Cámaras Frigoríficas con una capacidad de 2,88m³ hecha con panel de 60 mm de grosor Cámaras Frigoríficas 1,32 x 1,32 x 2,06 (W x l x H) Dimensiones en m. Sin Suelo

SKU: 351.509 || AACORE || 1-321-322-06

\$1,928.35 USD

Hacemos entrega a COLOMBIA
Gastos de envío aproximados: \$1,363.23 USD



Especificaciones

Volumen (m3)	2.88
Puerta Pivotante	0.8m x 1.9m (A x Alto)
Sistema de Union	Gancho con llave hexagonal
Acabado	Chapa de acero galvanizado, lacado blanco, con película de protección extraíble. Ligeramente estriado.
White colour	Calidad segura de los alimentos.
Tipo de Lacado	Pintura poliéster, 25 micras. Incluye imprimación según norma EN 10169.
Disponibile bajo Pedido	Acabado Panel liso, otros acabados, consultar
Tipo de Aislamiento	Espuma de poliuretano rígida sin CFC ni HCFC.
Densidad	40 kg/m ³ (+3-0kg/m ³)
Coefficiente de transmisión	0.38W/m ² °C
Suelo Opcional	Piso reforzado - M9 (piso reforzado ideal para uso peatonal y manual. Acabado interior reforzado con antideslizante) formado por: madera contrachapada de abedul y resina fenólica.
Suelo Estandar	Suelo peatonal, exclusivamente para paso de personas, panel revestido con pvc antideslizante de 1 mm de espesor.
Accesorios Incluidos:	Perfiles Sanitarios en Verticales suelo, y techo
Equipo de Frio	El equipo de frío no se incluye en este precio.

Dimensiones

Ancho	1,32 Ancho
Largo	1,32 Largo
Alto	2,06 Alto

Picadora de Pasto y de productos industriales ES-500

Equipos Forrajeros - Molinos p/ Grano y Especies

Extremadamente prácticos, estos molinos, muelen y trituran todo tipo de material seco, semillas, cascara de cereales, ramitas y hojas secas para ofrecer la mejor alimentación para sus animales. Tratamiento anticorrosivo en todas las piezas sujetas a oxidación.

MANUAL ES-500G PARA DESCARGA



Aumente el rendimiento de la producción de carne usando PICADORAS de pasto y TRITURADORAS de grano TRAPP a quien representamos en forma oficial.



Click to enlarge image(s)

El ganado de carne tabulado o en confinamiento, requiere de raciones con alta densidad de nutrientes para ayudarlo a desarrollar su máximo potencial genético, en forma rápida y eficiente. Algunos *tabuladores* utilizan dietas que contienen forrajes (heno y ensilaje), granos, minerales y otros aditivos. El procedimiento es iniciar el ganado sólo con forraje y luego ir incrementando el concentrado, hasta alcanzar 20 a 30% de forraje y 70 a 80% de concentrado en la fase final.

El uso de trituradoras de granos y picadoras de pasto representadas por TOROTRAC es una gran herramienta para este fin. Las has de varios tamaños y modelos.

Es importante señalar que a medida que se aumenta el nivel de concentrado en la dieta, aumentan los problemas digestivos es por ello que es importante consultar con su nutricionista animal.

La adición de un 5% de agua a la mezcla reduce el polvo y mejora la palatabilidad de la ración. Los rumiantes tienen una alta capacidad en aprovechar los alimentos fibrosos y transformarlos en carne con alto valor biológico. En los países tropicales podemos incorporar a la dieta del ganado de carne algunos subproductos poscosechas.

Características

- Pintura con tinta de polvo de poliéster y polimerizado en estufa a 230°C, que le proporciona mayor durabilidad y mejor acabado.
- Tamaño del corte ES 500: 5 y 10mm
- Pico de salida con regulación de ajuste del chorro y giro de 360°.

Ficha Técnica

CODIGO - SKU	PS0000559	PS0000123
MARCA	TRAPP	TRAPP
MODELO	ES-500G	ES-500
MATERIAL	CHAPA	CHAPA
TIPO	GASOLINA	SIN MOTOR
POTENCIA	13 hp	13 hp
CAPACIDAD DE CORTE	1.500 - 5.000 kg/h	1.500 - 5.000 kg/h



Factory Direct Sale Microwave Essential Oil Extraction / Microwave Extraction / Microwave Extraction System

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$2,990.00 - \$49,990.00 / Set | 1 Set/Sets(Min. Order)

Model Number:

Lead Time[?]:

Quantity(Sets)	1 - 1	2 - 2	3 - 3	>3
Est. Time(days)	5	7	10	To be negotiated

Customization: Customized logo(Min. Order: 1 Sets)
 Customized packaging(Min. Order: 1 Sets)
 More ∨

Quick Details

Place of Origin: Henan, China
 Application: Microwave Extractor
 Warranty: 2 years, 2 Years
 Applicable Industri... Hotels, Manufacturing Plant, Food & Beverage Factory, Farms,...
 Weight (KG): 200 KG
 Local Service Locat... None
 Type: EXTRACTOR
 Voltage: 3 Phase 380V±6%
 Total Power: 7KW
 Overall Dimension: 1000*1000*1200mm
 Cooling way: Dual forced air cooling transformer

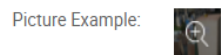
Brand Name: HENTO
 Condition: New
 After-sales Service ... Free spare parts, Engineers available to service machinery ov...
 Key Selling Points: Competitive Price
 After Warranty Serv... Video technical support, Online support, Spare parts, Field ma...
 Showroom Location: None
 Product name: Factory Direct Sale Microwave Extraction System
 Microwave Output ... ≥6KW(adjustable)
 Microwave Workin... 2450MHZ±50HZ
 The chamber: 6mm 304 # stainless steel.

Supply Ability

Supply Ability 300 Set/Sets per Month Microwave Extraction System

Packaging & Delivery

Packaging Details fumigation-free wooden case
 Microwave Extraction System
 Port Qingdao, or as customers'request



Lead Time[?]:

Quantity(Sets)	1 - 1	2 - 2	3 - 3	>3
Est. Time(days)	5	7	10	To be negotiated

Licudadora x 50 litros acero inoxidable industrial

q



Precio **\$5.831.200** incl. IVA

Especificaciones técnicas

Marca	Exhibir Equipos
Estructura, vaso y cuchilla	Acero inoxidable 304 anti-ácido
Capacidad	50 litros
Vaso	Abatible
Vaso con drenaje	registro de 1 pulgada y media
Voltaje	3 fases - 220 voltios
Potencia	5 Hp
Velocidad	3600 rpm

1

AÑADIR AL CARRITO

Compartir

ANEXO 4 COSTO CAMIÓN FURGÓN

2017 | 86,000 km - Publicado hace 1 día

Furgon Chevrolet Nhr Reward Euro Iv

\$ 85.000.000

[Preguntar](#)

Información sobre el vendedor

Yecid D
Particular

🕒 Tiempo vendiendo en TuCarro
4 años

📍 Ubicación del vehículo
Fátima - Tunjuelito - Bogotá D.C.





DIRECCION DE APOYO COMERCIAL
GERENCIA CORPORATIVA SERVICIO AL CLIENTE
TARIFAS CARGO FUJO Y CONSUMO

ANEXO 5 TARIFAS ACUEDUCTO 2021

ESTRUCTURA TARIFARIA PARA LOS SUSCRIPTORES ATENDIDOS EN BOGOTÁ D. C. POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO
TARIFAS ALCANTARILLADO AÑO 2021

CARGO FUJO \$/Suscriptor/2 m ³	CARGO FUJO \$/Suscriptor/2 m ³											
	ene-2020	feb-2021	mar-2021	abr-2021	may-2021	jun-2021	jul-2021	ago-2021	sep-2021	oct-2021	nov-2021	dic-2021
R	1.893,58	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78	1.950,78
E	3.787,18	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54	3.901,54
S	6.311,96	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58
I	15.716,78	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42
I	21.839,38	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92	22.498,92
D	818,79	838,51	838,51	838,51	838,51	838,51	838,51	838,51	838,51	838,51	838,51	838,51
E	1.637,58	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01	1.677,01
N	2.729,30	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02
C	4.121,24	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48
I	4.394,17	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98
A	2.729,30	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02
L	2.729,30	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02
L	4.121,24	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48	4.220,48
L	4.394,17	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98	4.499,98
CARGO FUJO \$/Suscriptor/2 meses	ene-2021	feb-2021	mar-2021	abr-2021	may-2021	jun-2021	jul-2021	ago-2021	sep-2021	oct-2021	nov-2021	dic-2021
COMERCIAL	9.467,94	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88	9.753,88
INDUSTRIAL	8.268,66	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38	8.516,38
OFICIAL	6.311,96	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58
ESPECIAL	6.311,96	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58
CONSUMO \$/m³	ene-2021	feb-2021	mar-2021	abr-2021	may-2021	jun-2021	jul-2021	ago-2021	sep-2021	oct-2021	nov-2021	dic-2021
COMERCIAL	4.093,95	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53	4.192,53
INDUSTRIAL	3.902,90	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88	3.996,88
OFICIAL	2.729,30	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02
ESPECIAL	2.729,30	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02	2.795,02

Fuente: Dirección Apoyo Comercial / FAVORREGOCC, CIUDAD

Nota 1: En el evento en que la variación del IPC, respecto al 31 de enero de 2020, acumule una variación igual o superior al 2%, los costos de referencia y tarifas deberán ser actualizados (Artículo 125 de la Ley 142 de 1994 y Artículo 88 de la Resolución CFA 688 de 2014). Se excluye de la actualización por IPC los costos de referencia relacionados con el costo medio generado por tasas ambientales de acuerdo con lo definido en el parágrafo 3 del artículo 88 de la Res. CFA 688 de 2014.

Nota 2: Los costos de referencia y tarifas corresponden a los definidos en el Acuerdo de la Junta Directiva de la E.A.A.B.-ESP No. 62 de 2020.

Nota 3: Las tarifas correspondientes a los cargos variables (básico y no básico) incluyen los costos medios de tasas ambientales.

Fecha actualización: 12-enero-2021



Av. Calle 24 # 31-15, Citojo Páez, 11021.
P.O. Box: (971) 341200 www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia



ANEXO 6

TARIFAS ENEL CONDENSA 2021

TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/kWh) REGULADAS POR LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG) MAYO DE 2021

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSION I			ÁREAS COMUNES NIVEL DE TENSION I		
ESTADIO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE COGENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD DE COGENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)
E1	0-53 (+)	228,3407	213,7804	573,3518	534,4759
	Más de 53	573,3518	534,4759	573,3518	534,4759
E2	0-53 (+)	268,6759	267,2360	573,3518	534,4759
	Más de 53	573,3518	534,4759	573,3518	534,4759
E3	0-53 (+)	487,3490	454,3045	573,3518	534,4759
	Más de 53	573,3518	534,4759	573,3518	534,4759
E4	0-53 (+)	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
	Más de 53	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
E5 y E6 Industrial y Comercial	0-53 (+)	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
	Más de 53	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
E6	0-53 (+)	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
	Más de 53	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711

(+) CS: Consumo de Subsistencia

SECTOR INDUSTRIAL					
ESTADIO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE COGENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD DE COGENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)
E1	0-53 (+)	228,3407	213,7804	573,3518	534,4759
	Más de 53	573,3518	534,4759	573,3518	534,4759
E2	0-53 (+)	268,6759	267,2360	573,3518	534,4759
	Más de 53	573,3518	534,4759	573,3518	534,4759
E3	0-53 (+)	487,3490	454,3045	573,3518	534,4759
	Más de 53	573,3518	534,4759	573,3518	534,4759
E4	0-53 (+)	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
	Más de 53	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
E5 y E6 Industrial y Comercial	0-53 (+)	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711
	Más de 53	688,0222	641,3711	688,0222	641,3711

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO -CU- (\$/kWh), Resolución CREG -119 de 2007						
PROPIEDAD DE COGENSA	Generación (\$/kWh)	Transmisión (\$/kWh)	Distribución (\$/kWh)	Comercialización (\$/kWh)	Pérdidas (\$/kWh)	Reservaciones (\$/kWh)
NIVEL 1	228,6440	36,3179	195,8468	57,2934	49,6737	19,1134
PROPIEDAD DE COGENSA	228,6440	36,3179	195,8468	57,2934	49,6737	19,1134
NIVEL 2	228,6440	36,3179	179,3099	57,2934	49,6737	19,1134
PROPIEDAD COMPARTIDA	228,6440	36,3179	162,7731	57,2934	49,6737	19,1134
NIVEL 3	228,6440	36,3179	135,8688	57,2934	19,8468	19,1134
PROPIEDAD DEL CLIENTE	228,6440	36,3179	135,8688	57,2934	19,8468	19,1134
NIVEL 4	228,6440	36,3179	109,9001	57,2934	19,5698	19,1134
PROPIEDAD DEL CLIENTE	228,6440	36,3179	27,7567	57,2934	13,9355	19,1134
Costo (B/Factura)****						7299,0697

(*) En el Cargo por Uso de Nivel 1 (DU1) el componente de inversión (COI) se aplica conforme a la Resolución CREG 015 de 2018.
 (***) Para la aplicación de las opciones tarifarias, se debe coordinar con CONDENSA S.A. ESP. Las adyacencias en los sistemas de medida del cliente que sean del caso.
 (****) En cumplimiento de la Resolución UPME 0355 de 2004, para los municipios localizados en altitudes superiores o iguales a 1000 metros, el valor del Consumo de Subsistencia (CS) es 100 kWh/mes y en altitudes inferiores a 1000 metros, el CS es 170 kWh/mes.
 (*****) En cumplimiento de la Resolución CREG 180 de 2014, artículo 24.
 (*****) En cumplimiento de la Resolución CREG 047 de 2004, a partir de la aplicación de las tarifas de agosto de 2004, los consumos de energía reactiva en exceso se liquidan con el componente Cargas por Uso de Distribución (DU) con la respectiva contribución de solidaridad.
 (*****) Según el artículo 4 de la resolución CREG 119 de 2007, modificada por la Resolución CREG 19 de 2014, el componente fijo del costo unitario de prestación del servicio es igual a cero (0).
 - Se aplica según tarifa en cumplimiento a lo establecido en la Resolución CREG 056 de 2020, modificada por la Resolución CREG 152 de 2020.
 - Las tarifas para los estados 1 y 2 se actualizarán según las disposiciones contenidas en la Resolución CREG 002 de 2021.

HORAS DE APLICACIÓN OPCIONES HORARIAS POR NIVEL DE TENSION (RES CREG-979 DE 1999)				
Frango	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Punta	9:00-17:00	9:00-17:00	6:00-21:00	01:00-21:00
Plano	18:00-21:00	18:00-21:00	00:00-06:00	00:00-01:00
Valle	00:00-09:00	00:00-09:00	07:00-18:00	02:00-06:00
Financiamiento	21:00-24:00	21:00-24:00	21:00-24:00	21:00-24:00



ANEXO 7

RECOMENDACIONES

El proceso desarrollado para este trabajo fue a lo largo del año 2021, lo cual significa que este proyecto de investigación se elaboró en tiempo de pandemia por el Covid-19, por esto si se desea dar continuación con este proyecto se recomienda realizar la experimentación bajo otros parámetros o criterios para la obtención de almidón para corroborar y comparar los resultados expuestos en este proyecto.

Si se continúa con este proyecto de investigación se recomienda realizar la experimentación de gelatinización del almidón a partir de otros agentes plastificantes o modificaciones químicas para analizar su comportamiento, además de comparar con los respectivos análisis y resultados obtenidos con respecto a este proyecto de investigación.

Se recomienda implementar otra metodología que permita ampliar la calidad del material biopolimérico para llevar a cabo los respectivos ensayos de tensión y módulos de elasticidad, además de contemplar aspectos como absorción de agua, rigidez de la película y degradación.

Al llevar este proyecto más allá en cuanto a la profundización del diseño de la planta piloto, se recomienda validar los respectivos balances planteados en este proyecto a partir de otros proyectos de investigación o si hay la posibilidad de implementar algún tipo de software que corrobore y rectifique los resultados obtenidos para obtener un material biopolimérico a ese escalamiento.